



FRANK BOSSELMANN

**GENETISCHE UND PHÄNOTYPISCHE
EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE MERKMALE
DER IN VIVO EMBRYONENPRODUKTION
UND DIE KALBUNG NACH EMBRYOTRANSFER**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2007

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2007

© 2007 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



VVB LAUFERSWEILER VERLAG
édition scientifique

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik des Fachbereiches
Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement
der Justus-Liebig-Universität Giessen

Betreuer: Herr Prof. Dr. G. Erhardt

und

dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik des Fachbereiches
Agrarwissenschaften
der Georg-August-Universität in Göttingen

Betreuer: Herr Prof. Dr. H. Simianer

**Genetische und phänotypische Einflussfaktoren
auf die Merkmale der in vivo Embryonenproduktion
und die Kalbung nach Embryotransfer**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Dr. med. vet.
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Frank Bosselmann
Tierarzt aus Darmstadt

Gießen 2006

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. M. Reinacher

Gutachter:

Prof. Dr. G. Erhardt

Prof. Dr. H. Simianer

Tag der Disputation: 18.12.2006

Diese Arbeit widme ich meinen Eltern.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	XII
Abkürzungsverzeichnis	XV
1 Einleitung	16
2 Literatur	18
2.1 Entwicklung des Embryotransfers	18
2.2 Ablauf des Embryotransfers	19
2.3 Züchterische Bedeutung des Embryotransfers.....	23
2.4 Spendertiere	26
2.4.1 Umwelteinflüsse	26
2.4.1.1 Einfluss des zur Superovulation der Spenderkuh verwendeten Hormons.....	26
2.4.1.2 Einfluss der Saison und der Umgebungstemperatur auf das Spülergebnis	28
2.4.2 Spenderassoziierte Einflussfaktoren	29
2.4.2.1 Einfluss des Alters und der Anzahl der Laktationen auf das Spülergebnis	29
2.4.2.2 Einfluss der Milchleistung auf das Spülergebnis	30
2.4.2.3 Einfluss von Laktationsdauer und Stoffwechselsituation auf das Spülergebnis.....	33
2.4.2.4 Einfluss des Zyklustages, an dem die Superovulation beginnt.....	35
2.4.2.5 Genetischer Einfluss und Eignung unterschiedlicher Rassen für die Embryonenproduktion	36
2.4.2.6 Einfluss des Besamungsbullen und des Besamungsschemas auf die Embryonenproduktion.....	39
2.5 Embryonen	40
2.5.1 Das Entwicklungsstadium der Embryonen	40
2.5.2 Die Qualität der Embryonen	42
2.5.3 Der Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) der Embryonen bei der Übertragung.....	43

2.6	Empfängertiere	46
2.6.1	Einfluss der Temperatur und der Saison auf die Anwachsrate der Embryonen im Empfängertier	46
2.6.2	Einfluss von Alter und Laktationsnummer des Empfängertieres auf die Anwachsrate des Embryos	47
3	Material und Methoden	50
3.1	Zusammensetzung der Informationen über die Spendertiere	50
3.1.1	Datenaufbereitung der Spendertiere	50
3.1.2	Zusammensetzung und Verteilung der einzelnen Hormon- klassen	54
3.1.3	Verteilung der Spülungen auf die unterschiedlichen Zucht- organisationen	55
3.1.4	Zusammensetzung und Verteilung der Spülungen auf die einzelnen Saisonklassen	59
3.1.5	Anzahl der Laktationen zum Zeitpunkt der Spülung	59
3.1.6	Einteilung und Verteilung der Laktationsstadien zum Zeitpunkt der Spülung und Anzahl Spülungen innerhalb einer Laktation	60
3.1.7	Berücksichtigung und Einteilung der Milchmenge und Milch- inhaltsstoffe zum Zeitpunkt der Spülung	62
3.1.8	Informationen aus der Milchleistungsprüfung der ersten Laktation für genetische Analysen	64
3.1.9	Rohmittelwerte und Verteilungen für die Merkmale der Embryonenproduktion	65
3.2	Zusammensetzung über die Informationen für die Empfänger- tiere	68
3.2.1	Datenaufbereitung der Empfängertiere	69
3.2.2	Verteilungen der Transfers auf die einzelnen Zucht- organisationen	70
3.2.3	Zusammensetzung und Verteilung der Transfers auf die einzelnen Saisonklassen	70
3.2.4	Zusammensetzung und Verteilung unterschiedlicher Empfängertierrassen	71

3.2.5	Anzahl der Laktationen der Empfängertiere zum Zeitpunkt des Transfers	71
3.2.6	Einteilung und Verteilung von Qualitäts- und Entwicklungsstufen der Embryonen	72
3.2.7	Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) der Embryonen zum Zeitpunkt der Übertragung.....	72
3.3	Rechenmodelle	72
3.3.1	Spendertiere	73
3.3.1.1	Analyse der Umwelteffekte und Milchleistungsmerkmale auf die Embryoproduktion.....	73
3.3.1.2	Genetische Einflüsse für die Embryonenproduktionsmerkmale	74
3.3.1.3	Direkter und indirekter Selektionserfolg für die Merkmale der Embryonenproduktion	78
3.3.2	Empfängertiere	80
3.3.2.1	Analyse der Umwelteffekte auf die Kalbewahrscheinlichkeit des Empfängertieres nach Embryotransfer	80
3.3.2.2	Varianzkomponentenschätzung für das Merkmal Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer	81
4	Ergebnisse	83
4.1	Spendertiere	83
4.1.1	Einfluss der fixen Effekte auf die Embryonenproduktionsmerkmale.....	83
4.1.1.1	Analysen über das zur Superovulation verwendete Hormon.....	83
4.1.1.2	Analysen über den die Spülung ausführenden Zuchtverband	85
4.1.1.3	Analysen über die Spülsaison	86
4.1.1.4	Analysen über die Laktationsnummer der Spenderkuh	88
4.1.2	Analysen zu den Milchleistungsmerkmalen der Spender aus der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung.....	90
4.1.2.1	Die Milchleistung zum Zeitpunkt bei der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung	91
4.1.2.2	Das Laktationsstadium zum Zeitpunkt der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung	92

4.1.2.3	Das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis der Milch bei der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung	93
4.1.2.4	Das Fett-Eiweiß-Verhältnis der Milch zum Zeitpunkt der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung	95
4.2	Genetische Einflussfaktoren der Spender auf die Embryonenproduktion.....	95
4.2.1	Spenderkühe	96
4.3	Korrelationen	98
4.3.1	Genetische und phänotypische Korrelation zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion.....	98
4.3.2	Genetische Korrelation zwischen maternaler und paternaler Fruchtbarkeit	99
4.3.3	Korrelationen zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion und den Milchleistungsmerkmalen.....	100
4.4	Empfängertiere	103
4.4.1	Einfluss der fixen Effekte auf die Kalbewahrscheinlichkeit	103
4.4.1.1	Analyse der die Embryonen übertragenden Verbände.....	104
4.4.1.2	Analyse der Transfersaisonklassen.....	104
4.4.1.3	Analyse der Anzahl der Laktationen der Empfängertiere	106
4.4.1.4	Analyse über die Rasse der Empfängertiere	106
4.4.1.5	Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) der Embryonen	106
4.4.1.6	Qualitätsstufe der Embryonen	108
4.4.1.7	Entwicklungsstufe der Embryonen	108
4.4.2	Genetische Einflussfaktoren auf die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer	109
4.5	Genetische Korrelation zwischen den Spender- und Empfängertieren.....	109
5	Diskussion.....	111
5.1	Datenmaterial	111
5.2	Umwelteinflüsse auf die Embryonenproduktion.....	113
5.2.1	Effekte des zur Superovulation verwendeten Hormons.....	113
5.2.2	Effekte der Verbände.....	113

5.2.3	Effekte der Saison	114
5.2.4	Effekte der Laktationsnummer.....	115
5.3	Effekte der Milchleistung auf die Embryonenproduktion.....	116
5.3.1	Effekte des Laktationsstadiums zum Zeitpunkt der Spülung und der Anzahl der Spülungen innerhalb einer Laktation	116
5.3.2	Effekte der Milchleistung zum Zeitpunkt der Spülung.....	117
5.4	Genetische Einflüsse auf die Embryonenproduktion	120
5.5	Umwelteinflüsse auf die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryo- transfer	125
5.5.1	Effekte zu den übertragenden Verbänden, der Transfersaison und der Laktationsnummer.....	125
5.5.2	Effekte der Rasse des Empfängers auf die Kalbewahr- scheinlichkeit	126
5.5.3	Effekte von Qualität und Entwicklung der Embryonen.....	126
5.5.4	Genetischer Einfluss auf die Anwachsrate	128
6	Schlussfolgerungen.....	130
7	Zusammenfassung.....	132
8	Summary.....	136
9	Anhang.....	139
10	Literaturverzeichnis	144

Erklärung

Danksagung

Lebenslauf

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einteilung der Embryonen nach ihrem Entwicklungsstadium (Stringfellow und Seidel, 1998).....	22
Tabelle 2:	Qualitätseinteilung der Embryonen und Beurteilungskriterien für die einzelnen Qualitätsstufen (Stringfellow und Seidel, 1998).....	22
Tabelle 3:	Einfluss der Milchleistung auf die Embryonenproduktion (nach Mannciaux et al. (2000).....	31
Tabelle 4:	Durchschnittliche Anzahl der transfertauglichen Embryonen aus <i>in vivo</i> Produktion bei verschiedenen Rassen in Deutschland (Quelle: ADR Jahresbericht 2004).....	36
Tabelle 5:	Zusammenstellung der Heritabilitäten für die Merkmale gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen unterschiedlicher Autoren und Untersuchungen.....	39
Tabelle 6:	Einfluss von Entwicklungsstadium und Qualitätsstufe auf die Trächtigkeitsergebnisse nach Donaldson (1985)	43
Tabelle 7:	Anzahl der Trächtigkeiten nach Transfer von frischen oder tiefgefrorenen/aufgetauten Embryonen in Abhängigkeit von Qualität und Entwicklung des Empfängers, sowie der Transfersaison und der Art des Empfängertieres in Prozent (nach Hasler 2001).....	45
Tabelle 8:	Anzahl Beobachtungen für die unterschiedlichen Analysen der Spendertiere.....	53
Tabelle 9:	Anzahl Beobachtungen für die genetischen Analysen und Korrelationen mit den Milchleistungsmerkmalen aus der ersten Laktation.....	54
Tabelle 10:	Unterschiede und Gemeinsamkeiten beim Embryotransfer der einzelnen Zuchtorganisationen.....	58
Tabelle 11:	Angaben der Milchleistungsparameter und des Erstkalbealters der Donoren [Mittelwert (mit Standardabweichung, Minimum und Maximum)] für gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche	

	Embryonen, sowie degenerierte Embryonen und unbefruchtete Eizellen.....	64
Tabelle 12:	Rohmittelwerte mit Standardabweichung, Minima und Maxima für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion	65
Tabelle 13:	Mittelwerte mit Standardabweichungen, Minima und Maxima für die Spülungen und die Merkmale der Embryonenproduktion pro Spendertier.....	67
Tabelle 14:	Beobachtungszahlen (absolut und in Prozent) der unterschiedlichen Analysen der Empfängertiere	69
Tabelle 15:	Zellgehalte/ml und zugehöriger SCS.....	78
Tabelle 16:	Signifikanzen der fixen Effekte auf die Merkmale der Embryonenproduktion	83
Tabelle 17:	LSQ-Mittelwerte für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion in Abhängigkeit der Laktationsnummer	88
Tabelle 18:	LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler des Merkmals [%]-taugliche Embryonen für die unterschiedlichen fixen Effekte.....	89
Tabelle 19:	Signifikanzen der Milchleistungsinformation für die Merkmale der Embryonenproduktion	90
Tabelle 20:	Merkmale der Embryonenproduktion in Abhängigkeit der einzelnen Laktationsstadien	93
Tabelle 21:	LSQ-Mittelwerte für die übrigen Merkmale der Embryonenproduktion bei den einzelnen Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis Klassen aus Abbildung 22	95
Tabelle 22:	Varianzkomponenten der Donoren für die Merkmale der Embryonenproduktion	96
Tabelle 23:	Heritabilitäten, Standardfehler und Wiederholbarkeiten für die Merkmale der Embryonenproduktion der Donoren.....	97
Tabelle 24:	Heritabilitäten sowie genetische und phänotypische Korrelationen der Donoren für die Merkmale der Embryonenproduktion	98
Tabelle 25:	Phänotypische Korrelationen zwischen den Milchleistungsmerkmalen der letzten Milchleistungsprüfung vor der Spülung und den Merkmalen der Embryonenproduktion	100

Tabelle 26:	Genetische Parameter für die Produktionsmerkmale (Leistungsinformation aus der ersten Laktation).....	101
Tabelle 27:	Genetische Korrelationen zwischen der Milchleistung der ersten Laktation und den Merkmalen der Embryonenproduktion für die Spenderkuh	102
Tabelle 28:	Korrelierter Selektionserfolg für die Merkmale der Embryonenproduktion bei direkter Selektion auf die unterschiedlichen Milchleistungsmerkmale	103
Tabelle 29:	Signifikanzen der fixen Effekte auf die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Embryotransfer	104
Tabelle 30:	Varianzkomponenten, Heritabilitäten und Wiederholbarkeiten für die Geburt eines Kalbes nach Embryotransfer	109
Tabelle 31:	Genetische Korrelation zwischen den Spendern und Empfängern.....	110

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Behandlungsschema für den Embryotransfer und die Synchronisation zwischen den Spender- und Empfängertieren (Grunert und Berchtold, 1999).....	20
Abbildung 2: Übertragen eines Embryos in das Empfängertier (Grunert und Berchtold, 1999)	23
Abbildung 3: Einbindung des Embryotransferprogrammes in das Zuchtprogramm der OHG.....	25
Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der für die Superovulationen verwendeten Hormonklassen	55
Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Verbände	56
Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Saisonklassen	59
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Laktationsnummern	60
Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Laktationsstadien (Tage p.p.)	61
Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die Anzahl Spülungen innerhalb einer Laktation	61
Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für das Fett-Eiweißverhältnis	62
Abbildung 11: Verteilung der Spülungen (absolut) in den unterschiedlichen Feldern der 6-Felder Tafel.....	63
Abbildung 12: Häufigkeit der Spülungen in Abhängigkeit des Merkmals gespülte Eizellen/Embryonen.....	66
Abbildung 13: Häufigkeit der Spülungen in Abhängigkeit des Merkmals taugliche Embryonen.....	66
Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der Transfers pro Zuchtorganisation	70

Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der Transfers pro Saisonklasse.....	71
Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der Transfers pro Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut).....	73
Abbildung 17: LSQ-Mittelwerte mit Standardabweichung für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion bei Verwendung unterschiedlicher Hormone.....	85
Abbildung 18: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion für die einzelnen Verbände	86
Abbildung 19: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion im jahreszeitlichen Verlauf	87
Abbildung 20: Anzahl gespülter Eizellen/Embryonen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer	91
Abbildung 21: Anzahl unbefruchtete Eizellen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer	92
Abbildung 22: LSQ-Mittelwerte für die Anzahl tauglicher Embryonen innerhalb der Harnstoff – Eiweiß Klassen	94
Abbildung 23: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Verbände	105
Abbildung 24: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Laktationsnummern	105
Abbildung 25: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit des Zustandes des Embryos	107
Abbildung 26: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Qualitätsstufe des Embryos.....	107
Abbildung 27: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Entwicklungsstufen der Embryonen	108

Abbildung 28: Anzahl tauglicher Embryonen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer	139
Abbildung 29: Anzahl degenerierter Embryonen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer	139
Abbildung 30: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion innerhalb der Anzahl Spülungen pro Laktation.....	140
Abbildung 31: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion innerhalb der Fett-Eiweiß-Verhältnisse.....	140
Abbildung 32: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der einzelnen Saisonklassen	141
Abbildung 33: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Rassen	141

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADR	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.
AEP	Additiv genetische Effekt der Embryonenproduktion
AML	Additiv genetischer Effekt der Milchleistung
BCS	Body Condition Score
Dt. Holstein	Deutsche Holstein
EP	Embryonenproduktion
ET	Embryotransfer
FEQ	Fett-Eiweiß-Quotient
FSH	Follikel stimulierendes Hormon
HF	Holstein Friesian
IETS	International Embryo Transfer Society
i. u.	inter uterin
LH	Luteinisierendes Hormon
LSQ	Least Square
ML	Milchleistung
MOET	Multiple Ovulation and Embryotransfer
PGF _{2α}	Prostaglandin F 2 alpha
p. p.	post partum
PMSG	Pregnant Mare Serum Gonadotropin
Rbt.	Rotbunt
Sbt.	Schwarzbunt
SD	Standardabweichung
SCS	Somatic Cell Score

1 Einleitung

Der Embryotransfer (ET) beim Rind ist mehr als 30 Jahre nach seiner Einführung in Deutschland ein fester Bestandteil der Rinderzucht geworden. Mit dieser Biotechnologie ist es möglich, den Zuchtfortschritt über den Bullenmutter- und Kuhmutterpfad durch Selektion zu erhöhen. Außerdem nimmt mit der Steigerung der weiblichen Reproduktionsrate gleichzeitig der Zuchtfortschritt auf der Kuhseite zu, wodurch letztlich die genetische Leistungsbereitschaft in der gesamten Population erhöht werden kann. Es sind eine Vielzahl von genetischen und nicht genetischen Faktoren an einer erfolgreichen Kälberproduktion aus ET beteiligt. Neben den genetischen Eltern (Donor und Besamungsbulle) und dem Embryo trägt zusätzlich noch der Rezipient zum Erfolg beim ET bei.

Eine Umstellung der Zuchtprogramme ähnlich den Strukturen in der Geflügel- oder Schweinezucht konnte bisher nicht verwirklicht werden, da die praktischen Erfolgsraten der Embryonenproduktion der Donoren hinter den theoretischen Vorgaben zurückbleiben. Die Spülergebnisse sind noch immer schlecht vorhersagbar und erreichen oftmals nicht die Erwartungen. Deswegen wird häufig die Grenze der Wirtschaftlichkeit nicht erreicht. Neben genetischen Faktoren ist vor allem die gynäkologische und konditionelle Situation entscheidend für eine erfolgreiche Spülung. Aber auch die Umwelt der Kuh und das Management spielen eine wichtige Rolle. Der Einfluss des Spenderbullens auf das Spülergebnis ist zwar nicht so groß wie der der Spenderkuh, aber dennoch trägt er mit seiner Befruchtungsrate zu einer erfolgreichen Spülung bei. Damit beeinflusst er auch die Transfertauglichkeit des Embryos.

Ob ein Embryo anwächst, hängt nicht zuletzt von seiner eigenen Entwicklung und seiner Qualitätsstufe bei der Gewinnung ab. Neben diesen Grundvoraussetzungen beeinflusst auch die weitere Handhabung wie direkter Transfer oder Kryokonservierung die Überlebensrate des Embryos maßgeblich.

Einen weiteren entscheidenden Einfluss hat das Empfängertier, das einen Embryo eingepflanzt bekommt. Sicherlich spielen auch bei den Rezipienten der gesundheitli-

che und gynäkologische Status eine herausragende Rolle für ein erfolgreiches Anwachsen des Embryos. Auch die Umwelt und das Management tragen zu einer Vollendung der Trächtigkeit und der Geburt eines vitalen Kalbes bei. Über den Einfluss der Genetik bei den Empfängertieren ist bislang jedoch wenig bekannt.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Schätzung der genetischen und nicht genetischen Parameter für das Merkmal der Embryonenproduktion auf Seiten der Spendertiere. Ferner werden die genetischen und umweltassoziierten Faktoren für das Anwachsen der implantierten Embryonen auf der Empfängertierseite analysiert. In einem synergistischen Modell können der genetische Beitrag und die wechselseitigen Beziehungen dreier genetischer Gruppen, nämlich der Spenderkuh, des Spülbullen und des Rezipienten auf die Anwachsrate des Embryos berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, die komplexen umweltbedingten und genetischen Zusammenhänge zwischen allen am Embryotransfer beteiligten Partnern genauer zu verstehen, um dadurch die Kälberproduktion aus Embryotransfer zu verbessern.

2 Literatur

2.1 Entwicklung des Embryotransfers

Zum ersten Mal wurden Embryonen 1891 von Walter Heap bei einem Kaninchen erfolgreich transferiert. Damit wollte er den Einfluss des uterinen Milieus auf die phänotypische Ausprägung des Embryos untersuchen (Niemann und Meinecke, 1993). Das erste aus Embryotransfer stammende Kalb wurde 1951 geboren (Willet et al., 1951). Die zu diesem Zeitpunkt übliche Praxis der chirurgischen Gewinnung der Embryonen war mit einem erheblichen Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Neben dem hohen Aufwand wurde durch Komplikationen wie einer Adhäsion des Reproduktionstraktes nach der chirurgischen Gewinnung der Embryonen die weitere züchterische Nutzung des Tieres beeinträchtigt. Dies alles beschränkte lange Zeit die praktische Nutzung des Embryotransfers (Hasler, 1992). Der erste nichtchirurgische oder auch transcervical gewonnene Embryo wurde 1964 als lebendes Kalb geboren (Mutter et al., 1964). Allerdings waren die Erfolgsraten bei den transcervicalen Transfers anfangs noch zu gering, so dass sich diese Methode in der Praxis erst Mitte der 70er Jahre durchsetzte (Rowson, 1971; Hasler, 1992).

Mit der Gründung der IETS (International Embryo Transfer Society) 1974 ist eine Organisation entstanden, die sich der Förderung und Forschung auf dem Gebiet des Embryotransfers und den assoziierten Biotechniken als festem Bestandteil der Tierzucht und -reproduktion widmet. Zusätzlich stellt sie einen möglichst hohen Standard in der Ausbildung sicher und gibt ethische Richtlinien für die Anwendung des ET heraus (Niemann und Meinecke, 1993).

Gegenwärtig sind die Zahlen für die *in vivo* Produktion von Embryonen relativ stabil. So wurden 2004 weltweit 540.795 Embryonen übertragen. Davon waren 290.567 (54 %) frisch übertragene Embryonen und 250.228 (46 %) tiefgefroren. Weltweit wurden durchschnittlich 6,0 taugliche Embryonen pro Spülung gewonnen (2003 waren dies 6,2). Es wurden weltweit 108.166 Spülungen durchgeführt. Dabei wurden die meisten Spülungen mit 47.638 (44 %) in Nordamerika durchgeführt. An zweiter Stelle liegt mit 21.212 (20 %) Spülungen Südamerika. In den asiatischen Ländern wurden

18.717 (17 %) Spülungen und in Europa 17.531 (16 %) durchgeführt. Dabei entfallen auf Deutschland 2.687 Spülungen, bei denen insgesamt 9.955 taugliche Embryonen gewonnen wurden. Die restlichen Spülungen verteilen sich auf Afrika und die pazifischen Staaten (Thibier, 2004).

2.2 Ablauf des Embryotransfers

Der Begriff Embryotransfer beschreibt eine Kette züchterischer und biotechnologischer Maßnahmen. Am Anfang steht die Auswahl geeigneter Spenderkühe. Diese werden in der Regel nach besonders hohen bzw. speziellen Zuchtwerten vorselektiert. Der Gesundheitszustand und die Kondition der Spendertiere sollen gut sein, und die Spendertiere sollten einen einwandfreien Reproduktionsstatus aufweisen (Schellander, 2005).

Dann wird die hormonelle Superovulation zwischen dem 9. und 13. Zyklustag eingeleitet. In der Praxis stehen zwei Substanzklassen zur Verfügung. Diese sind „Pregnant Mare Serum Gonadotropin“ (PMSG) und „Follikel stimulierendes Hormon“ (FSH). Es reicht aus PMSG einmalig zu injizieren. Aufgrund der kürzeren Halbwertszeit muss FSH zweimal täglich über 4 bis 4,5 Tage verabreicht werden. Vier Tage nach der ersten Superovulationsbehandlung wird zweimal im Abstand von 12 Stunden Prostaglandin $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) injiziert, um so den Gelbkörper rückzubilden und die Brunst zu induzieren (Grunert und Berchtold, 1999) (vgl. Abbildung 1).

Spender			Zyklustag	Empfänger
FSH	PMSG	PG		
			0 (reguläre Brunst)	
morgens 2,0 – 2,5 ml	2000	–	11 (9 - 13)	
abends 1,5 – 2,5 ml	3000 i.E		12 (10 - 14)	
morgens 1,5 – 2,5 ml			13 (11 - 15)	2 ml
abends 1,5 – 2,5 ml			14 (12 - 16)	Prostaglandin
morgens 1,5 – 2,5 ml		2 ml	15 (13-17)	Brunstbeginn
abends 1,5 – 2,5 ml		2 ml	16 (14-18)	
Brunstbeginn 2 Besamungen im Abstand von 12 Stunden				
			23 (21-25)	Übertragung der Embryonen
Spülung				

Abbildung 1: Behandlungsschema für den Embryotransfer und die Synchronisation zwischen den Spender- und Empfängertieren (Grunert und Berchtold, 1999)

Bei der Spülung werden die Spendertiere fixiert, und sie erhalten eine Epiduralanästhesie mit 3 bis 5 ml eines Lokalanästhetikums zwischen dem letzten Sakral- und dem ersten Schwanzwirbel. Der Anogenitalbereich wird nach dem Ausräumen des Rektums gereinigt und desinfiziert. Unter rektaler Kontrolle wird ein flexibler Spülkatheter durch die Zervix geschoben. Um die Zervix passieren zu können, wird dieser mittels eines Mandrins versteift. Anschließend werden beide Uterushörner nachein-

ander gespült, indem der Katheter in die Spitze der Hörner platziert wird. Hinter der Spitze des Katheters befindet sich ein Ballon, der aufgeblasen wird, sobald der Katheter an der richtigen Position sitzt. Dieser legt sich an die Uteruswand an und verschließt somit die Hornspitze. Dadurch wird ein unkontrolliertes Abfließen der Spülflüssigkeit verhindert. Beide Hörner werden nacheinander mit je 500 ml Spülflüssigkeit gespült. Um zu vermeiden, dass zu viel Druck in der Spitze des Hornes entsteht, wird nicht mehr als ca. 50 ml Spülflüssigkeit auf einmal in das Horn gegeben. Anschließend wird die Spülflüssigkeit mit der Spritze aspiriert. Dabei wird die Hornspitze leicht angehoben und die Flüssigkeit vorsichtig herausmassiert. Die möglichst vollständig gewonnene Spülflüssigkeit wird filtriert. Das in ca. 20 ml Spüllösung ausgewaschene Filtrat wird unter 20- bis 50-facher Vergrößerung unter dem Mikroskop nach Embryonen durchsucht. Durch mehrfaches Umsetzen in immer neue Behältnisse mit Spülflüssigkeit werden sie gewaschen und können schließlich bezüglich ihrer Qualität und Entwicklung beurteilt werden. Die Beurteilung erfolgt nach dem IETS Standard (vgl. Tabelle 1) (Stringfellow und Seidel, 1998). Dabei wird der Entwicklungsstatus - wie in der Tabelle 1 gezeigt - in neun Stadien eingeteilt. Die Qualität wird in vier Stadien eingeteilt. Eine morphologische Beurteilung der Eizellen/Embryonen setzt ein geschultes Auge und einige Erfahrung für zufrieden stellende Klassifizierung voraus (Grunert und Berchtold, 1999). Die Voraussetzungen für die Einteilung in die jeweiligen Qualitätsstufen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Nach der Klassifizierung werden die Embryonen direkt auf die Empfängertiere übertragen oder kryokonserviert (vgl. Abbildung 2). Für diesen weiteren Bearbeitungsschritt kommen allerdings nur Embryonen der Klasse 1 und 2 in Frage. Bei der Auswahl der Empfängertiere wird vor allem auf Reproduktionsgesundheit geachtet. Allerdings sollen die Empfängertiere auch in einer guten allgemeinen Verfassung sein.

Tabelle 1: Einteilung der Embryonen nach ihrem Entwicklungsstadium (Stringfellow und Seidel, 1998)

Klasse	Stadium
1	unbefruchtet
2	2 bis 12 Zellstadium
3	frühe Morula
4	Morula
5	frühe Blastozyste
6	Blastozyste
7	expandierte Blastozyste
8	geschlüpfte Blastozyste
9	expandierte geschlüpfte Blastozyste

Tabelle 2: Qualitätseinteilung der Embryonen und Beurteilungskriterien für die einzelnen Qualitätsstufen (Stringfellow und Seidel, 1998)

Klasse	Qualitätskriterien
1 (exzellent oder gut)	Symmetrischer und kugelförmiger Embryo. Die deutlich von einander abgegrenzten Blastomeren sind in ihrer Größe, Farbe und Beschaffenheit gleich. Der Embryo gibt ein einheitliches Bild ab und entspricht dem erwarteten Entwicklungsstadium. Mindestens 85 % der Zellmasse ist intakt und entwicklungsfähig. Die Zona Pellucida soll fein und glatt sein und keine Eindellungen aufweisen.
2 (mittelmäßig)	Der Embryo weist geringfügige Unregelmäßigkeiten in Form, Größe, Farbe oder Konsistenz auf. Mindestens 50 % der embryonalen Zellen sind intakt und entwicklungsfähig.
3 (ausreichend)	Der Embryo weist größere Unregelmäßigkeiten in Form, Größe, Farbe oder Konsistenz der einzelnen Zellen auf. Mindestens 25 % der embryonalen Zellen sind intakt und entwicklungsfähig.
4 (tot oder degeneriert)	Degenerierte Embryonen oder Oozyten oder Embryonen im Einzellstadium. Nicht entwicklungsfähig.

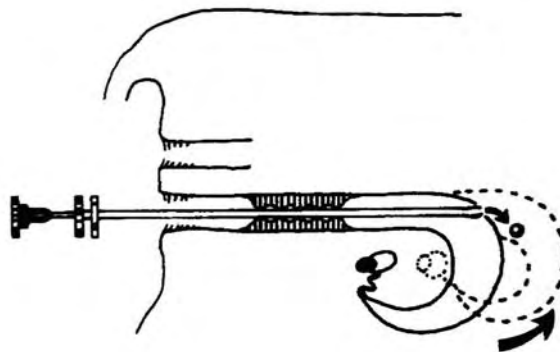


Abbildung 2: Übertragen eines Embryos in das Empfängertier (Grunert und Berchtold, 1999)

Der in einer Paillette liegende Embryo wird ähnlich wie bei einer Besamung in den Uterus des Empfängertieres gebracht. Dabei wird er ipsilateral zum gelbkörpertragenden Uterushorn möglichst weit cranial abgelegt, ohne die Uterusschleimhaut zu sehr zu irritieren oder gar zu verletzen.

2.3 Züchterische Bedeutung des Embryotransfers

Für einen höheren Zuchtfortschritt ist die Vermehrungsrate der männlichen und weiblichen Tiere ausschlaggebend (Kräußlich, 1994). Durch die Einführung der künstlichen Besamung in den Routinebetrieb ist es möglich geworden, die Zahl der zur Zucht verwendeten Bullen auf ein Minimum zu reduzieren, da ihre Vermehrungsrate sehr groß ist. Aufgrund der geringen Reproduktionsrate bei den Kühen sind die Selektionsintensität und die Genauigkeit der Zuchtwertschätzung sehr eingeschränkt. Zusätzlich ergibt sich durch die Nachzuchtprüfung ein langes Generationsintervall (Kräußlich, 1994). Damit stellte die Kuhseite lange Zeit den begrenzenden Faktor für einen optimalen Zuchtfortschritt in konventionellen Zuchtprogrammen dar.

Mit dem Einsatz biotechnologischer Verfahren wurde die Erhöhung der Reproduktionsrate auf der weiblichen Seite möglich. Nicholas und Smith (1983) und Wooliams (1989) untersuchten die gezielte Nutzung von multipler Ovulation in Verbindung mit Embryotransfer (MOET) in einer geschlossenen Nukleusherde. Die Resultate dieser

theoretischen Untersuchung zeigten, dass unter bestimmten Bedingungen die MOET-Nukleuszuchtprogramme den konventionellen Programmen weit überlegen sind.

Es wird unterschieden in MOET-Zuchtprogrammen mit stationärer Nukleusherde und den MOET-Zuchtprogrammen in Herdbuchbetrieben (Kräußlich, 1994). In den ersten findet die komplette Leistungsprüfung in den Nukleusherden statt. Bedingt durch die geringe Populationsgröße in den Nukleusherden wird die genetische Variabilität durch Inzucht stark eingeschränkt. Aus diesem Grund werden in der Praxis häufig Zuchtprogramme mit offenen Nukleusherden bevorzugt. In den MOET-Zuchtprogrammen in Herdbuchbetrieben werden die ausgewählten Bullenmütter aus den verschiedenen Herdbuchbetrieben und die Bullenväter als offener Nukleus betrachtet. Elitekühe werden durch wiederholte Superovulation intensiv für den Embryotransfer genutzt, um für die Leistungsprüfung notwendigen Voll- und Halbgeschwistergruppen erstellen zu können.

Die anfangs optimistisch eingeschätzten Erfolgsraten des ET konnten in der Praxis nicht realisiert werden, da die Ergebnisse zu schlecht vorhersagbar sind. Selbst Spendertiere, die bei einer ersten Spülung gute Ergebnisse hatten, konnten in folgenden Spülungen nur eine ungenügende Leistung bringen. Deshalb wird auch heute in den meisten Programmen weiterhin die Nachkommenprüfung im Feld beibehalten, um eine höhere Genauigkeit der Zuchtwertschätzung zu erreichen als dies über die Geschwisterprüfung möglich ist (König, 2002).

In Abbildung 3 ist exemplarisch die Einbindung des Embryotransferprogrammes in das Zuchtprogramm der Osnabrücker Herdbuch-Genossenschaft e.G. (OHG) dargestellt. Dabei werden aus ca. 10.000 potentiellen Bullenmüttern nach der ersten Laktation die besten 100 Kühe ausgewählt. Diese werden superovuliert, mit den weltweit besten Bullen angepaart, und die Embryonen werden durch die Empfängertiere ausgetragen. Die so produzierten weiblichen Kälber gehen zurück in den Pool der ca. 10.000 Erstkalbskühe, und einige der männlichen Tiere gehen nach Erreichen der Geschlechtsreife und nach ihrer Körung in den Testeinsatz. Nach der 2. Kalbung werden 70 Spendertiere in die eigene Prüfstation eingestellt, und dort wird unter gleichen Bedingungen die Milchleistung der Tiere gemessen. Aufgrund ihrer eigenen Leistung in der Prüfstation werden deren Söhne für den Prüfeinsatz selektiert.

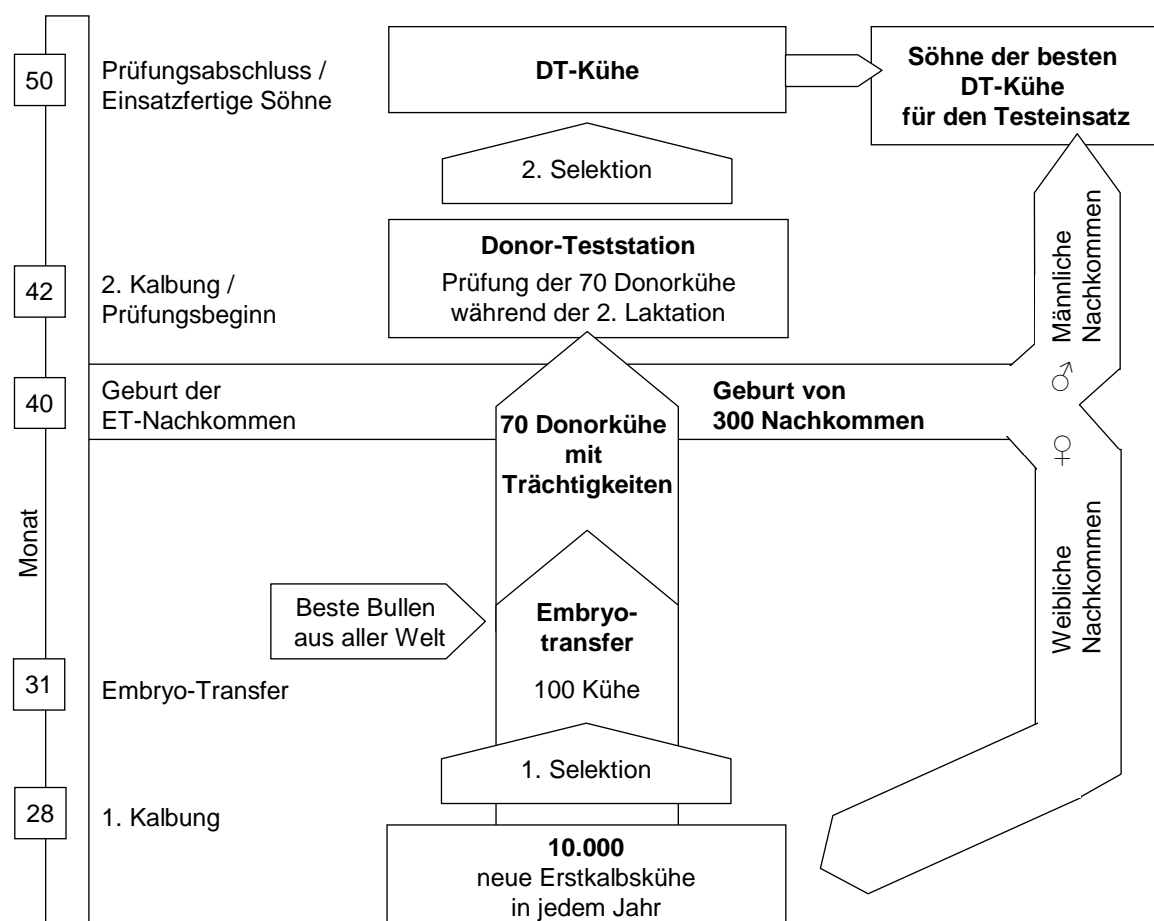


Abbildung 3: Einbindung des Embryotransferprogrammes in das Zuchtprogramm der OHG

2.4 Spendertiere

2.4.1 Umwelteinflüsse

2.4.1.1 Einfluss des zur Superovulation der Spenderkuh verwendeten Hormons

Die Auswahl des Gonadotropins hat einen entscheidenden Einfluss nicht nur auf die Anzahl der gespülten Embryonen, sondern auch auf deren Qualität. Insbesondere die LH-Aktivität des Gonadotropins spielt dabei eine besondere Rolle (Humphrey et al., 1979; Murphy et al., 1984; Donaldson und Ward, 1986; Donaldson et al., 1986; Chupin et al., 1987; Boland et al., 1991; Herrler et al., 1991). Für die Reifung der Follikel ist eine gewisse LH- Aktivität notwendig (Price et al., 1999). Ebenso ist die Induktion der Ovulation LH abhängig (Herrler et al., 1988). Bei einem zu hohen LH Anteil in den verwendeten Präparaten kann es jedoch zu prämaternen Ovulationen (Callesen et al., 1986) oder zu einer Luteinisierung der stimulierten Follikel (Foote und Ellington, 1988) kommen. Weiterhin wird vermutet, dass der Spermientransport im weiblichen Genitaltrakt durch einen zu hohen LH-Anteil im Gonadotropinpräparat behindert wird. Dies führt zu einem erhöhten Anteil unbefruchteter Eizellen (Lopes da Costa et al., 2001).

Im Vergleich zu FSH hat PMSG eine deutlich größere LH Aktivität (Schams et al., 1978). Daher liefert die Superovulation mit PMSG in vielen Fällen ein schlechteres Ergebnis als die Superovulationsbehandlung mit FSH (Monniaux et al., 1983; Almeida, 1987; Goulding et al., 1991; Glatzel et al., 1999; Lopes da Costa et al., 2001). Dies bezieht sich nicht nur auf die Anzahl der gespülten Embryonen, sondern auch auf deren Qualität (Greve et al., 1984). Bei der Behandlung der Spenderkühe mit PMSG wird oft ein weiteres Wachstum von Follikeln, auch über den Zeitpunkt der Ovulation hinweg, induziert. Der daraus resultierende erhöhte Östrogenspiegel kann die frühe embryonale Entwicklung nachteilig beeinflussen (Boland et al., 1991). Ein Grund für dieses Heranwachsen der Follikel über den Ovulationszeitpunkt hinaus ist die lange Halbwertszeit des PMSG. So lässt sich auch die hohe Anzahl Follikel erklären, die auf dem Ovar angebildet werden, aber nicht ovulieren. Diese kann man immer wieder nachweisen (Boland et al., 1991; Goulding et al., 1991).

Hormonelle Imbalancen, wie z. B. ein Anstieg der Östradiolkonzentration in der frühen Lutealphase oder der anhaltend hohe Progesteronspiegel während der Brunst, sind bei Donoren, die mit PMSG behandelt wurden, deutlich häufiger zu beobachten als bei Tieren, die mit einem FSH Präparat superovuliert wurden (Springmann et al., 1986). Vergleicht man FSH und PMSG direkt in ihren Wirkungen miteinander, konstatiert man signifikante Unterschiede bezüglich Quantität und Qualität der Embryonen (Goulding et al., 1991). Aus Färsen, die mit FSH vorbehandelt werden, können mit $12,3 \pm 0,81$ signifikant mehr Embryonen gewonnen werden als bei Tieren, die mit PMSG behandelt werden. In dieser Gruppe beträgt die Zahl der gespülten Embryonen lediglich $8,1 \pm 0,60$. Auch die Zahl der kryokonservierbaren Embryonen ist bei Kühen, die mit FSH superovuliert werden, mit $4,4 \pm 0,45$ signifikant höher als bei Tieren, die mit PMSG superovuliert werden ($3,0 \pm 0,46$). Deutlich ist auch der Unterschied bei degenerierten Embryonen. Während bei mit PMSG superovulierten Tieren im Durchschnitt $3,4 \pm 0,46$ degenerierte Embryonen auftreten, findet man bei Spenderinnen, die mit FSH superovuliert werden, $5,7 \pm 0,7$ degenerierte Embryonen. Keinen signifikanten Unterschied jedoch beobachtet man bei der Anzahl der transferauglichen, aber nicht tiefgefrierbaren Embryonen ($2,1 \pm 0,24$ (FSH)) bzw. ($1,5 \pm 0,32$ (PMSG)) und bei der Anzahl der unbefruchteten Eizellen ($2,1 \pm 0,5$ (FSH)) bzw. ($1,0 \pm 0,25$ (PMSG)) (Goulding et al., 1991). Andere Autoren wie Lopes Da Costa et al. (2001) und Crister et al. (1980) stellen in ihren Untersuchungen auch einen signifikant höheren Anteil an transfertauglichen Embryonen fest, ohne diese Gruppe nochmals in ihrer Qualität zu unterscheiden.

Herrler et al. (1991) superovulierten Kühe mit FSH und versetzten dieses mit unterschiedlichen LH-Anteilen (20 %, 40 % und 80 %). Die besten Ergebnisse erzielten sie mit denjenigen FSH Präparaten, welche einen mittleren LH-Gehalt aufwiesen.

Dielmann et al. (1989) verglichen ebenfalls PMSG und FSH miteinander. Sie konnten bei einer Superovulation mit PMSG bessere Ergebnisse erzielen als bei einer FSH Behandlung. Allerdings wurde bei dieser Untersuchung die Wirkung des PMSG durch Applikation von PMSG-Antikörper (Anti-PMSG) zum Zeitpunkt der Brunst auf-

gehoben. Dadurch konnten fast doppelt so viel transfertaugliche Embryonen gewonnen werden als bei einer Superovulation mit FSH. Bei dem PMSG/Anti-PMSG Behandlungsschema wurden mit 9,1 signifikant mehr „sehr gute“ und „gute“ Embryonen gewonnen, wohingegen die Behandlung mit FSH lediglich 4,6 Embryonen dieser Qualitätsstufen hervorbrachte.

2.4.1.2 Einfluss der Saison und der Umgebungstemperatur auf das Spülergebnis

Die Photoperiode und die Temperatur sind entscheidende Parameter, welche die Fruchtbarkeit eines Tieres beeinflussen (Cavestany et al., 1985). Dabei kommt eine Vielzahl von Gründen in Frage, die zu einer schlechteren Fruchtbarkeit in den Sommermonaten führen. Vor allem Hitze kann die Superovulationsbehandlung und die anschließenden Spülergebnisse negativ beeinflussen.

Reduzierte Futteraufnahme bedingt durch hohe Umgebungstemperaturen kann leicht zu energetischen Defiziten führen. Dadurch sinken der Insulin- und Glucosespiegel insbesondere bei den laktierenden Kühen. Insulin wird jedoch für die Entwicklung der Follikel benötigt und hat einen positiven Einfluss auf die Oocytenqualität (O'Callaghan und Boland, 1999). Auch Glucose hat einen stimulierenden Effekt auf das Follikelwachstum, da Glucose der Hauptenergielieferant für das Ovar ist (Rabiee et al., 1997). Eine Hypoglycämie unterdrückt die pulsatile LH Sekretion und kann somit auch die Ovulation verhindern und zur Zystenbildung führen (Jolly et al., 1995).

Durch eine höhere Umgebungstemperatur sinkt die Durchblutung im Uterus und die interuterine Temperatur steigt an (Roman-Ponce et al., 1978). Dadurch wird die frühembryonale Entwicklung gestört, und die frühembryonale Sterblichkeitsrate steigt (Rivera und Hansen, 2001). Schon vor der Implantation werden befruchtete Eizellen durch eine erhöhte Umgebungstemperatur im Uterus negativ beeinflusst (Wolfenson et al., 1997). Bei Kühen, die während anhaltendem Hitzestress superovuliert werden, können nicht nur weniger Embryonen gewonnen werden (Gordon et al., 1987), auch

die Qualität der gewonnenen Embryonen ist schlechter (Putney et al., 1988b) als in kälterer Umgebung oder Jahreszeit.

Andere Autoren stellen keine signifikanten Unterschiede in den Spülergebnissen zwischen den einzelnen Jahreszeiten fest (Massey und Oden, 1984; Misra et al., 1999).

2.4.2 Spenderassoziierte Einflussfaktoren

2.4.2.1 Einfluss des Alters und der Anzahl der Laktationen auf das Spülergebnis

Bei der Auswahl der Tiere, die zum Embryotransfer eingesetzt werden sollen, ist das Alter ein wichtiges Auswahlkriterium. Sicherlich erzielt man den schnellsten Zuchtfortschritt, wenn man Jungrinder spült.

Jungrinder produzieren normalerweise weniger transfertaugliche Embryonen als Kühe (Janowitz, 1991; Lautner, 1997; Schwab, 2000). Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Jungrinder mitunter sehr sensibel auf die Hormonbehandlung reagieren, selbst wenn man die Dosierung erniedrigt. Der Anteil der Spülungen ohne oder mit nur einem transfertauglichen Embryo ist höher als nach einer Superovulationsbehandlung von Kühen (Janowitz, 1991). Generell hält der Autor Kühe für geeignetere Spender-tiere als Rinder. Letztlich müsse man dies jedoch von Fall zu Fall entscheiden.

Es gibt jedoch auch Untersuchungen, bei denen Kühe keine besseren Spülergebnisse liefern als Jungrinder (Hasler et al., 1983; Garcia-Winder et al., 1988). Bei Schilling (1982) und Lopes Da Costa et al. (2001) lieferten Kalbinnen bessere Ergebnisse bei der Spülung als Kühe, die mehr als einmal gekalbt haben. Es besteht nicht nur ein Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und der Zahl der gespülten Embryonen, sondern auch zwischen dem Spendertieralter und der Qualität der gewonnen Embryonen (Lerner et al., 1986). Tiere, die zwischen drei und vier Jahre alt sind, liefern schon gute Spülergebnisse. Die meisten Embryonen können jedoch bei Spenderkühen im Alter von fünf bis sechs Jahren gewonnen werden (Glatzel et al., 1999).

1999). Lerner et al. (1986) beziffern das optimale Alter für eine Superovulation mit 5,6 Jahre. Die Reaktion auf eine Superovulationsbehandlung wird mit zunehmendem Alter der Kühe wieder schlechter (Schilling, 1982; Donaldson, 1984b; Glatzel et al., 1999). Ab dem zehnten Lebensjahr nimmt die Zahl der transfertauglichen Embryonen signifikant ab (Donaldson, 1984b). Bei Hanselmann (1995) erbrachten die über achtjährigen Tiere durchschnittlich 3,4 transfertaugliche Embryonen. Dabei war deren Leistung signifikant schlechter als bei den fünf- bzw. sechs- bis achtjährigen Tieren (5,2 bzw. 6,0 transfertaugliche Embryonen pro Spülung). Der Grund dafür wird in der verminderten Anzahl von kleinen Follikeln gesehen, die auf eine Behandlung von Gonadotropinen ansprechen können (Lerner et al., 1986). Es bleibt jedoch festzuhalten, dass sich die schlechteren Spülergebnisse im Alter zumindest zum Teil durch eine gesteigerte Menge FSH bei der Superovulation kompensieren lassen (Lerner et al., 1986).

2.4.2.2 Einfluss der Milchleistung auf das Spülergebnis

Die Milchleistung hat einen Einfluss auf das Spülergebnis nach einer Superovulationsbehandlung (Glatzel et al., 1999). Dabei spielt nicht nur die absolute Milchmenge eine Rolle, sondern vielmehr der Verlauf der Laktationskurve (Saumande et al., 1984). Kafi et al. (1997) erklären dies mit der negativen Energiebilanz zu Beginn der Laktation. Aufgrund dieses Energiedefizits kommt es zu ovariellen Dysfunktionen und damit zu einer verminderten Fruchtbarkeit.

Bei laktierenden Kühen mit negativem Energiestoffwechsel lassen sich weniger große Follikel (>10 mm im Durchmesser) nachweisen als bei Tieren, deren Energiebilanz ausgeglichen ist und die keine Anzeichen einer Stoffwechselstörung aufweisen. Der Grund dafür, so vermuten Lucy et al. (1992), liegt in einer verminderten LH Freisetzung, während die Follikel heranwachsen. Bei Montebeliardkühen, die in der Laktation der Spülung eine 305 Tagesleistung von mehr als 11.000 kg haben, nehmen neben der Anzahl der gespülten Eizellen/Embryonen vor allem die Anzahl der transfertauglichen und die Anzahl der Klasse 1 Embryonen signifikant ab (vgl. Tabelle 3)

(Mannicaux et al., 2000). Bei Wichmann (1990) beträgt diese Grenze für Kühe der Rasse Holstein Friesian 10.000 kg.

Tabelle 3: Einfluss der Milchleistung auf die Embryonenproduktion (nach Mannicaux et al. (2000))

Milchmenge in Kilogramm	<7000	7000 - 9000	9000 - 11000	>11000	p Werte
gespülte Eizellen	10,0 ± 0,8	9,5 ± 0,5	10,6 ± 0,6	8,2 ± 0,9	0,06
taugliche Embryonen	5,4 ± 0,8	6,2 ± 0,4	7,5 ± 0,5	4,9 ± 0,7	0,003
exzellente Embryonen	2,9 ± 0,05	3,9 ± 0,4	5,0 ± 0,5	2,9 ± 0,5	0,002
unbefruchtete Eizellen	2,6 ± 0,6	1,7 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,2	0,04

Glatzel et al. (1999) stellen einen signifikanten Einfluss der Milchleistung auf das Spülergebnis ab einer Leistung von 40 kg/Tag fest. Einen Einfluss der Laktationsleistung auf die Ovulationsrate und die Anzahl der gespülten und transfertauglichen Eizellen/Embryonen konnte von Newcomb (1980) nicht nachgewiesen werden.

Jedoch hat nicht nur die Milchmenge, sondern auch deren Zusammensetzung einen signifikanten Einfluss auf die Spülleistung einer Kuh. So ist die Zahl der gespülten und der transfertauglichen Embryonen geringer, wenn der Fettgehalt bei Spenderkühen der Rasse Fleckvieh über 4,5 % steigt oder der Fett-Eiweißquotient über 1,3 liegt. Zunächst besteht eine positive Korrelation zwischen der Anzahl der gespülten Embryonen und dem Milchfettgehalt (0,5 gespülte Embryonen mehr pro 0,1 % höherem Milchfettgehalt). Jedoch sinkt die Zahl gespülter bzw. transfertauglicher Embryonen bei steigender Milchfettmenge (Möhrle, 1999). Liegt das Fett-Eiweiß-Verhältnis unter 1,2 zu 1, ist bedingt durch eine zu hohe Kraftfuttergabe von einer Azidose und damit einer Übersäuerung der Schleimhäute auszugehen (de Kruif et al., 1998). Dies betrifft nicht nur die Pansenschleimhaut, sondern zeigt sich auch auf den übrigen Körperschleimhäuten und beeinträchtigt damit auch den Reproduktionstrakt (Grunert und Berchtold, 1999).

Der Fettgehalt der Milch bzw. der Fetteiweißquotient sind negativ mit der Zahl der

degenerierten Embryonen korreliert (Möhrle, 1999). Da sowohl das zentrale Nervensystem, als auch die Milchbildung die benötigte Energie aus der Glucose beziehen, entsteht bei einer hohen Milchleistung eine Konkurrenzsituation dieser beiden Organe um Energie. Damit ist der Zusammenhang zwischen Fruchtbarkeit und Milchleistung letztlich ein Energieproblem (Grunert und Berchtold, 1999). Zur Beurteilung der Energie- und Versorgungssituation der laktierenden Spenderkuh können die Milchinhaltsstoffe wertvolle Informationen liefern (de Kruif et al., 1998). Das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis in der Milch gibt über die Energie- und Eiweißversorgung Auskunft. Dargestellt wird dies üblicherweise in der so genannten 6-Feldertafel. Bei einer optimalen Energie-Protein-Versorgung liegt der Eiweißgehalt nicht unter 3,2 % und der Harnstoffgehalt zwischen 150 und 300 ppm. Bei vermindertem Harnstoffgehalt (<150 ppm) mit einem Eiweißgehalt über 3,2 % ist die Spenderkuh in einem relativen Energieüberschuss. Steigt der Harnstoffgehalt über 300 ppm bei über 3,2 % Eiweiß, so befindet sich die Kuh in einem Proteinüberschuss. Sinkt der Proteingehalt unter 3,2 %, so befindet sich die Spenderkuh in einer Mangelsituation. Dies ist Energiemangel, kann allerdings auch ein kombinierter Proteinmangel mit unzureichender Futteraufnahme sein (de Kruif et al., 1998).

Mit dem Milchmengen-Eiweiß-Verhältnis kann man Aussagen über die energetische Leistungsfähigkeit der gefütterten Ration auf Herdenbasis treffen. Trägt man den prozentualen Milchproteingehalt über der Milchmenge ab und stellt die laktierenden Tiere in einer Punktwolke dar, so kann man durch diese eine Regressionsgerade legen. Das energetische Leistungsvermögen der Kühe ist dann in dem Bereich, an dem diese Regressionsgerade den 3,0 - 3,2 % Milchproteingehalt schneidet (Eicher, 2004). Allerdings lassen sich solche diagnostischen Hilfsmittel nur auf Herdenbasis anwenden.

Daher eignen sich Kenngrößen wie das Fett-Eiweiß-Verhältnis oder das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis in der Milch für die Untersuchungen besser, da man mit diesen Kenngrößen Aussagen über die Versorgungslage jeder einzelnen laktierenden Spenderkuh treffen kann.

2.4.2.3 Einfluss von Laktationsdauer und Stoffwechselsituation auf das Spülergebnis

Im Allgemeinen kann man bei laktierenden Kühen einen höheren Anteil transfertauglicher Embryonen gewinnen als bei trockenstehenden Tieren (Schilling, 1982). Darrow et al. (1982) haben die Laktation in verschiedene Gruppen eingeteilt (Gruppe 1: 1. - 135. Laktationstag; Gruppe 2: 136. - 270. Laktationstag; Gruppe 3 >270 Laktationstage, Gruppe 4: nicht laktierende Tiere). Dabei zeigte sich, dass die Tiere der Gruppe 1 mit durchschnittlich 4,6 tauglichen Embryonen die besten Spülergebnisse aufwiesen. In den Gruppen 2 bzw. 3 wurden nur 3,2 bzw. 2,9 taugliche Embryonen gewonnen. Am signifikant schlechtesten schnitt die Gruppe der trockenstehenden Spenderinnen mit durchschnittlich 2,8 tauglichen Embryonen ab.

Dies konnte auch durch andere Autoren bestätigt werden. So lieferten Spenderkühe, die weniger als 130 Tage laktierten, um vier Prozent mehr transfertaugliche Embryonen als die Tiere, die schon länger gemolken wurden (Romanowski und Roselius, 1980). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Preisinger et al. (1990). Bei deren Untersuchung wurden bis zum 100. Laktationstag bessere Ergebnisse erzielt, während ab dem 200. Laktationstag die Donoren deutlich weniger Embryonen produzierten. Wurden die Tiere jedoch zu früh *post partum* superovuliert, so waren die Ergebnisse oftmals schlechter. So zeigten Superovulationen, die zwischen dem 40. und 50. Tag p.p. stattfanden, schlechtere Ergebnisse als solche, die zwischen dem 60. und 70. Tag durchgeführt wurden (Haupt, 1979). Betrachtet man den Laktationsabschnitt zwischen dem 50. und 150 Laktationstag, so liegt der optimale Zeitpunkt für den Embryotransfer zwischen dem 61. und 90. Laktationstag (Krämer, 1986). Bei allen Untersuchungen liefern die trockenstehenden Spenderkühe bezüglich der tauglichen Eizellen die schlechtesten Ergebnisse (Hasler et al. 1983).

In einem engen Zusammenhang zur Milchleistung und der Laktationsdauer muss man die Stoffwechselsituation der Spenderkühe sehen, da die Milchleistung den gesamten Stoffwechsel der Kuh beeinflusst. Die maximale Futteraufnahme wird erst nach der maximalen Tagesmilchleistung erreicht (Coppock, 1985). Es besteht also

eine Differenz zwischen dem Erhaltungs- und Leistungsbedarf auf der einen Seite und der über die Nahrung zugeführten Energie auf der anderen Seite. Dieses Energiedefizit wird insbesondere zu Beginn der Laktation durch Abbau und Umsetzung der körpereigenen Fettreserven kompensiert. Bei zunehmender Milchleistung gewinnt dieser Umstand für die Fruchtbarkeit an Bedeutung, da bei andauerndem Energiedefizit die pulsatile LH Freisetzung verzögert oder gar beendet wird (Schopper et al., 1991). Diese LH Freisetzung aber ist es, die das Wachstum der Follikel induziert, damit schließlich zwei bis drei Wochen nach der Geburt ein dominanter Follikel ovuliert (Savio et al., 1990; Sakaguchi et al., 2004). So erscheint es verständlich, dass bei Tieren mit höherer Milchleistung (und der damit verbundenen höheren energetischen Belastung) auch die meiste Zeit zwischen der Kalbung und der ersten Brunst verstreicht (Sakaguchi et al., 2004).

Nach Barth (1991) hat der Beginn der zyklischen Ovaritätätigkeit nach der Geburt, gemessen am Anstieg des Progesteronspiegels, deutlichen Einfluss auf die Superovulations- und Spülergebnisse. Dies geschieht vor allem über die ausgeschüttete Menge des Progesterons, die wesentlich durch die Stoffwechsellage beeinflusst wird. Der erste Progesteronanstieg *post partum* beeinflusst auch den Progesteronanstieg im Zyklus der Superovulation, wobei ein steilerer Anstieg sich positiv auf die Embryonenproduktion auswirkt. Außerdem, so der Autor, fällt das Superovulationsergebnis schlechter aus, wenn die Leber stark belastet wird. Dies ist vor allem der Fall, wenn viel körpereigenes Fett abgebaut wird, das die Leber verstoffwechselt.

Nimmt man den "*body condition score*" (BCS) als Maßeinheit für die Ernährungssituation und Fitness einer Kuh, so ist bei Tieren mit einem BCS von vier bis fünf ein schlechteres Spülergebnis und eine höhere Rate an cystischen Follikeln zu beobachten als bei Donoren mit einem BCS von 2,5 bis drei (Siddiqui et al., 2002).

2.4.2.4 Einfluss des Zyklustages, an dem die Superovulation beginnt

Schon der Zyklustag, an dem unabhängig vom Hormon mit der Superovulation begonnen wird, hat einen Einfluss auf den Erfolg einer Spülung. Startet man die Superovulation zu früh im Zyklus, so werden bei der Spülung unterdurchschnittlich viele Embryonen gewonnen (Lindsell et al., 1986). Die besten Ergebnisse sind zu erwarten, wenn mit der Superovulation zwischen dem 9. und 13. Tag des Zyklus begonnen wird (Donaldson, 1984a). Dabei hat der Autor die Spülergebnisse von fast 1000 Superovulationen untersucht. Die Zeitspanne, in der man die besten Superovulationsergebnisse erzielt, liegt auch bei anderen Autoren im ganz ähnlichen Zeitraum. So kamen Hill et al. (1984) zu dem Ergebnis, dass sich die Zyklustage 8 bis 14 am besten eignen, um eine Superovulation zu beginnen. Greve (1976) schränkte diesen Zeitraum auf den 9. bis 11. Tag ein und weist für den 14. Zyklustag schlechtere Ergebnisse nach. Andere Autoren werden noch konkreter, indem sie den 10. und 11. Tag als den optimalen Zeitpunkt benennen (Lerner et al., 1986).

Der Grund für die unterschiedlichen Spülergebnisse ist in der Anbildung der dominanten Follikel und ihrer Wirkung auf die übrigen Antral-Follikel während des Zyklus zu suchen.

Beim Rind beobachtet man ein wellenförmiges Wachstum der Follikel während des Zyklus. Dabei werden zwei (Kruip, 1982) bzw. meist drei dominante Follikel innerhalb eines Zyklus gebildet (Roche und Boland, 1991). Der erste dieser Follikel tritt um den 5. bis 6. Tag auf, der zweite um den 14. bis 15. Tag und der dritte um den Tag 20 bis 21, also zum Zeitpunkt der Brunst (Matton et al., 1981). Lediglich der dominante Follikel der dritten Anbildungswelle kommt schließlich auch zur Ovulation, während die anderen normalerweise wieder atresieren. Diese dominanten Follikel unterdrücken das Wachstum anderer Follikel durch eine negative Feed-back Wirkung. Der Wirkmechanismus beruht auf der Wechselwirkung zwischen Östradiol und Inhibin (Driancourt, 1991). Ist ein solcher dominanter Follikel vorhanden, wird damit schließlich die Anbildung weiterer Follikel durch stimulierende Hormone gehemmt, wodurch letztlich weniger Embryonen gewonnen werden können (Savio et al., 1991).

2.4.2.5 Genetischer Einfluss und Eignung unterschiedlicher Rassen für die Embryonenproduktion

Der Erfolg bei der Spülung von Embryonen hängt entscheidend von der Rasse ab. Zwischen den Rassen bestehen nicht nur hinsichtlich der Anzahl der gespülten Embryonen, sondern auch der Anzahl der transfertauglichen Embryonen große Unterschiede (Chupin et al., 1987; Herrler et al., 1991; Estrada et al., 1998) (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Durchschnittliche Anzahl der transfertauglichen Embryonen aus *in vivo* Produktion bei verschiedenen Rassen in Deutschland (Quelle: ADR Jahresbericht 2004)

Rasse	Anzahl Spülungen	durchschnittliche Anzahl transfertauglicher Embryonen pro Spülung
Holstein-Sbt.	1753	5,3
Holstein-Rbt.	173	8,2
Fleckvieh	672	9,3
Braunvieh	132	7,4
Rotvieh	18	10,7
Gelbvieh	38	9,2

Grundsätzlich eignen sich Zweinutzungs- oder Fleischrassen besser zum Embryotransfer als Rassen mit einer hohen Milchleistung (Niemann, 1986). Während bei milchbetonten Rassen 2,5 bis 3 Kälber erzeugt werden, liefern fleischbetonte Rassen pro Spülung 1 bis 2 Kälber mehr (Niemann, 1986).

Laut des Jahresberichtes 2004 der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (ADR) eignet sich die Rasse Rotvieh mit 10,7 transfertauglichen Embryonen pro Spülung am besten für den Embryotransfer, wobei man hier die geringere Anzahl an Spülungen berücksichtigen muss. Bei den Rassen Gelbvieh und Fleckvieh erhält man durchschnittlich 9,2 bzw. 9,3 transfertaugliche Embryonen. Die Rassen Holstein-Rbt., Braunvieh und Holstein-Sbt. lassen sich mit 8,2, 7,4 und 5,3 transfertaug-

lichen Embryonen weniger erfolgreich spülen (siehe Tabelle 4).

Auch innerhalb einer Rasse gibt es individuelle Unterschiede bei der Reaktion auf eine Superovulationsbehandlung (Glatzel et al., 1999). Dies hat einen negativen Einfluss auf die Planungssicherheit und die Wirtschaftlichkeit von Embryotransferprogrammen. Nach Mannciaux et al. (2000) hat die genetische Abstammung der Spenderkuh einen signifikanten Einfluss auf das Spülergebnis, ohne allerdings eine Heritabilität zu nennen.

Bei Montebeliardkühen ließ sich ein signifikanter Einfluss des Spendertiervaters auf die Gesamtzahl der gespülten Embryonen, die Anzahl der transfertauglichen, der Klasse 1-Embryonen und der unbefruchteten Eizellen nachweisen (Mannciaux et al., 2000). Auch Ponsart et al. (2001) stellten den Einfluss der Abstammung (Vater und Großvater) der Donoren auf die Zahl der gewonnenen, transferierbaren, Klasse 1 Embryonen und der unbefruchteten Oozyten fest. Jedoch konnten sie keinen genetischen Einfluss bei der Anzahl der degenerierten Embryonen aufzeigen. Die durchschnittliche Anzahl gespülter Eizellen zwischen Töchtergruppen variierte dabei zwischen 7,6 und 13,9. Für die Zahl der Klasse 1 Embryonen lagen die Werte zwischen 6,1 und 8,0. Diese Differenzen zwischen den Töchtergruppen sind dabei signifikant mit $p < 0,02$.

Im zweiten Teil des Versuches beschrieben die Autoren einen signifikanten Einfluss des Besamungsbullen. Die durchschnittliche Anzahl gespülter Eizellen schwankt je nach Besamungsbulle zwischen 3,68 und 10,30. Ebenso deutlich ist der Unterschied bei der Anzahl der Klasse 1 Embryonen in Abhängigkeit vom Besamungsbullen. Die mittlere Anzahl schwankte hier zwischen 7,6 und 4,6.

Um den genetischen Einfluss zu ermitteln, wurde die Heritabilität mittels Halbgeschwisteranalyse für das Merkmal gespülte Embryonen und transfertaugliche Embryonen geschätzt (Preisinger et al., 1990; Preisinger, 1991). Diese beträgt für das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen 34 % und 10 % für das Merkmal taugliche Embryonen. Allerdings war der Datensatz mit 600 Spülungen von 150 unterschiedlichen Kühen, die von 33 unterschiedlichen Vätern abstammten, klein.

In einer weiteren Untersuchung mit knapp 6000 Spülungen lagen die Heritabilitäten, geschätzt im Tiermodell, für beide Merkmale in Abhängigkeit des Modells für gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen zwischen 5 % und 10 %. Im Tiermodell war die Heritabilität für das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen 0,08 und für das Merkmal taugliche Embryonen bei 0,04 (Preisinger, 1993). Die genetische Korrelation lag bei 0,66. Die Wiederholbarkeit für das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen lag bei 0,23 bis 0,34 und für das Merkmal taugliche Embryonen 0,14 bis 0,26. Die Heritabilität für das Merkmal taugliche Embryonen lag bei einer anderen Untersuchung bei 3 % mit einer Wiederholbarkeit von 0,13 (Tonhati et al., 1999) noch niedriger. Die Autoren untersuchten 5387 Spülungen von 2941 Spendertieren der Rasse Holstein Friesian in Brasilien.

Zu etwas anderen Ergebnissen kommen Liboriussen et al. (1995), bei einer Untersuchung von 542 Spülungen. Diese wurden an 474 Donoren unterschiedlicher Rassen durchgeführt. Neben „Red Danish“, „Danish Friesian“ und „Danish Red and White“ wurden auch Kühe der Rasse „Danish Jersey“ gespült. Dabei wurde für das Merkmal „gespülte Eizellen/Embryonen“ eine Heritabilität von 25 % geschätzt. Die Heritabilität für das Merkmal „transfertaugliche Embryonen“ ist bei dieser Untersuchung mit 15 % etwas größer als bei den übrigen Untersuchungen. Deutlich höhere Erblichkeiten für die unterschiedlichen Merkmale der Embryonenproduktion haben Peixoto et al. (2004) ermittelt. Sie untersuchten Rinder der Zeburasse Nellore. Insgesamt wurden 479 Spülungen analysiert. Die Donoren stammten von 139 Bullen ab. Die Heritabilität beträgt laut Autoren 0,34 für die Zahl der gespülten Eizellen und 0,59 für die Zahl der tauglichen Embryonen. Benyei et al. (2004) kamen bei ihren Analysen auf eine Heritabilität von 0,194 für das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen. Die Wiederholbarkeit lag bei 0,208. Dabei wurden 235 Spülungen der Rasse Holstein Friesian ausgewertet.

In Tabelle 5 sind die unterschiedlichen Erblichkeiten für die Merkmale der Embryonenproduktion der einzelnen Autoren aufgeführt.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Heritabilitäten für die Merkmale gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen unterschiedlicher Autoren und Untersuchungen

Rasse	Anzahl		Merkmal		Autor
	Spülungen	Spenderbullen	gespülte Eizellen	taugliche Embryonen	
HF	600 von 150 Donoren	33	0,34	0,10	Preisinger et al. 1990
HF	6000		0,08	0,04	Preisinger 1993
HF	5387 von 2941 Donoren	690		0,03	Tonhati et al. 1999
HF	235		0,19		Benyei et al. 2004
Nellore	475		0,34	0,59	Peixoto et al. 2004

2.4.2.6 Einfluss des Besamungsbullen und des Besamungsschemas auf die Embryonenproduktion

Durch die Superovulation wird über einen Zeitraum bis zu 24 Stunden eine größere Anzahl an Oozyten von den Ovarien in den Eileiter abgegeben. Über diese Zeitspanne muss in den Eileitern eine ausreichende Anzahl befruchtungsfähiger Spermien vorhanden sein. Dies soll durch eine Mehrfachbesamung zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Ovulation sicher gestellt werden (Claus und Karg, 1981).

Die Aussagen über die Anzahl befruchteter Embryonen in Abhängigkeit des bzw. der Besamungsbullen sind sehr unterschiedlich. So variierte der Anteil der unbefruchteten bzw. degenerierten Embryonen zwischen 30 % und 70 % (Hahn, 1988). Beim Vergleich von zwölf Besamungsbullen fand Camp (1989) einen erheblichen Unterschied in den Trächtigkeitsraten nach erfolgtem Embryotransfer. Da aber die Variabilität innerhalb der Bullen sehr hoch war, waren diese Ergebnisse nicht signifikant. Bei

knapp 1000 untersuchten Spülungen, bei denen 63 unterschiedliche Bullen als Besamungsbullen zum Einsatz kamen, stellten Lerner et al. (1986) keine Unterschiede bezüglich der Anzahl der transfertauglichen Embryonen in Abhängigkeit der eingesetzten Bullen fest. Die Anzahl unterschiedlicher Bullen, die für die Besamung während einer Superovulationsbehandlung eingesetzt wurden, hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Spülergebnis. Allerdings ließen sich tendenziell mehr Embryonen spülen und der Anteil der transfertauglichen Embryonen war höher, wenn mit zwei unterschiedlichen Bullen besamt wurde. Weiterhin beeinflusst der Besamungsbulle die Qualität der Embryonen signifikant (Hupka, 2000). Im Allgemeinen lässt sich durch größte Sorgfalt bei der Besamung der Donoren nach Superovulation der Anteil an zu gewinnenden befruchtungsfähigen Embryonen erhöhen (König und Rommel, 1987). Nach diesen Ergebnissen hat der Anpaarungspartner nur eine untergeordnete Rolle auf einen Trächtigkeitserfolg nach Embryotransfer.

2.5 Embryonen

Drei wichtige Kriterien werden bei der Beurteilung der Embryonen berücksichtigt. Neben der Qualität und dem Entwicklungsstadium der einzelnen Embryonen wird noch in frisch transferierte bzw. tiefgefrorene und vor dem Transfer wieder aufgetaute Embryonen unterschieden (Möhrle, 1999).

2.5.1 Das Entwicklungsstadium der Embryonen

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben über den Einfluss des Entwicklungsstadiums auf einen erfolgreichen Transfer. Nach Wright (1981) hat das Entwicklungsstadium der Embryonen einen signifikanten Einfluss auf die Trächtigkeit beim Rind. Dabei steigt mit fortschreitendem Entwicklungsstadium der Anteil der Trächtigkeiten nach Transfer. Während aus frühen und kompaktierten Morulae 44 % bzw. 53 % Trächtigkeiten hervorgingen, stieg der Anteil an Trächtigkeiten nach Embryotransfer bei beginnenden Blastozysten bzw. Blastozysten auf 65 % bzw. 66 %. Bei den

expandierten Blastozysten sankt der Anteil der Trächtigkeiten wieder leicht auf 64 %. In einer anderen Untersuchung wurden ebenfalls die besten Trächtigkeitsraten nach dem Transfer von Blastozysten beobachtet. Während aus frühen bzw. kompaktierten Morulae nur 44,3 % bzw. 47,0 % Trächtigkeiten hervorgingen, waren nach dem Transfer von frühen bzw. späten Blastozysten 52,0 % bzw. 54,3 % der Empfängertiere tragend. Allerdings sank auch hier die Trächtigkeitsrate wieder mit fortschreitendem Entwicklungsstadium. Der Transfer von geschlüpften Blastozysten brachte eine Trächtigkeitsrate von 44,2 %. Kollabierte Blastozysten lieferten 41,0 % Trächtigkeiten (Donaldson, 1985). Auch Putney et al. (1988a) kamen zu dem Ergebnis, dass unabhängig von den einzelnen Stadien durch transferierte Blastozysten bessere Trächtigkeitsergebnisse erzielt wurden als durch Morulae.

Die besten Trächtigkeitsergebnisse erhielten Hasler et al. (1987) beim Transfer von Blastozysten und frühen Blastozysten mit 77 % und 75 % positiven Trächtigkeitsuntersuchungen. Dagegen waren nach dem Transfer von Morulae 71 % der Empfängertiere tragend. Expandierte bzw. geschlüpfte Blastozysten lieferten mit 70 % bzw. 66 % etwas schlechtere Trächtigkeitsraten. Die schlechtere Anwachsrate der Morulae im Vergleich zu den frühen Blastozysten und den Blastozysten erklären die Autoren mit dem Umstand, dass diese häufig von schlechterer Qualität seien und außerdem die Qualität von Morulae schlechter einschätzbar ist als die von Blastozysten (Looney et al., 1984; Hasler et al., 1987).

In einer Untersuchung von Coleman et al. (1987) wurde kein signifikanter Einfluss des Entwicklungsstadiums der Embryonen auf eine nachfolgende Trächtigkeit festgestellt. Allerdings nahmen die Trächtigkeitsraten nach Transfer tendenziell ab, wenn das Entwicklungsstadium der Embryonen zum Zeitpunkt des Transfers weiter fortgeschritten war.

2.5.2 Die Qualität der Embryonen

Wie schon beschrieben, werden die Embryonen in vier unterschiedliche Qualitätsstufen nach IETS eingeteilt (Stringfellow und Seidel, 1998). Lindner et al. (1983) teilten die Embryonen in die vier genannten Klassen ein und konnten somit eine Vorhersagbarkeit über die Anwachswahrscheinlichkeit treffen. So war die Trächtigkeitsrate nach dem Transfer exzellenter Embryonen mit 45 % am höchsten. Nach dem Transfer von Embryonen mit guter, mäßiger bzw. schlechter Qualität wurden Trächtigkeitsraten von 44 %, 27 % bzw. 20 % erzielt. Auch Coleman et al. (1987) konnten eine signifikante Steigerung der Trächtigkeitsraten nach Embryotransfer feststellen, je besser die Embryonen in ihrer morphologischen Beschaffenheit waren.

Anhand von 13576 Transfers untersuchte Donaldson (1985) den Einfluss der Qualität der einzelnen Embryonen auf den Trächtigkeitserfolg. Erwartungsgemäß wurden die meisten Trächtigkeiten, nämlich 56,1 %, nach dem Transfer von Klasse 1 Embryonen diagnostiziert. Nach dem Transfer von Klasse 2, 3 und 4 Embryonen waren 48,9 %, 40,1 % und 32,5 % der untersuchten Empfängertiere tragend. Die Ergebnisse über Entwicklungsstufe und Qualität sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Andere Autoren konnten keinen signifikanten Einfluss der Embryonenqualität auf eine anschließende Trächtigkeitsrate feststellen (Spell et al., 2001). Allerdings wurden bei dieser Untersuchung nur Embryonen der Klasse 1 und Klasse 2 ausgewertet.

Tabelle 6: Einfluss von Entwicklungsstadium und Qualitätsstufe auf die Trächtigkeitsergebnisse nach Donaldson (1985)

Qualität	Entwicklungsstadium – Trächtigkeiten in Prozent						alle Stadien	
	frühe Morula	kompakte Morula	frühe Blastozyste	expandierte Blastozyste	geschlüpfte Blastozyste	kollabierte Blastozyste	Anzahl	alle Trächtigkeiten
1	59,4	53,0	56,2	55,9	51,5	60,4	5991	56,1
2	49,1	11,0	50,2	49,2	42,1	48,4	5372	48,9
3	22,0	38,0	34,1	33,3	22,2	31,8	1557	40,1
4	12,5	30,6	32,4		66,7	50,0	656	32,5
alle Qualitäten	44,3	47,0	52,0	54,3	44,2	41,0	13576	

2.5.3 Der Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) der Embryonen bei der Übertragung

Es gibt deutliche Zusammenhänge zwischen den Trächtigkeitsraten und der Qualitätsstufe der Embryonen vor der Kryokonservierung. Embryonen, die vor der Kryokonservierung mit „sehr gut“ beurteilt wurden, lieferten signifikant mehr Trächtigkeiten, als Embryonen, die aufgrund ihrer morphologischen Beschaffenheit mit „gut“ beurteilt wurden (Niemann et al., 1982).

Lopes da Costa et al. (2001) ermittelten für die frisch transferierten Embryonen eine Trächtigkeitsrate von 67 % und für die tiefgefrorenen/aufgetauten Embryonen eine Trächtigkeitsrate von 46 %.

Bei einer Untersuchung von Hasler (2001) lagen die Anwachsrate für frische Embryonen mit 68,3 % um 12,2 % höher als für tiefgefrorene/aufgetaute Embryonen. Dabei hat die Art der Implantation (chirurgisch oder transcervical) keinen signifikanten Einfluss.

ten Einfluss auf die Anwachsrate. Des Weiteren untersuchte der Autor den Einfluss der Qualität, des Entwicklungsstadiums, der Transfersaison und der Art des Empfängertieres. Die Empfängertiere wurden nach Milch- und Fleischrinderrassen und nach Rindern (noch nie abgekalbt) bzw. Kühen (mindestens einmal vor der Implantation abgekalbt) eingeteilt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 dargestellt.

Schließlich kommt er zu dem Schluss, dass die Trächtigkeitsrate durch das Einfrieren und dem anschließenden Auftauen vor dem Transfer um 10 % bis 13 % sinkt, verglichen mit frischen Embryonen. Dabei hat die Transfersaison keinen Einfluss auf ein Anwachsen des Embryos, ebenso wie das Entwicklungsstadium. Bei Milchkühen ist die Anwachsrate schlechter als bei Milchrindern. Letztere unterscheiden sich nicht signifikant von Fleischrindern oder Fleischrassekühen. Sowohl bei den frischen, als auch bei den tiefgefrorenen/aufgetauten Embryonen hat die Qualität des Embryos einen signifikanten Einfluss auf die Anwachsrate.

Tabelle 7: Anzahl der Trächtigkeiten nach Transfer von frischen oder tiefgefrorenen/aufgetauten Embryonen in Abhängigkeit von Qualität und Entwicklung des Empfängers, sowie der Transfersaison und der Art des Empfängertieres in Prozent (nach Hasler 2001)

Anteil tragender Empfänger nach Embryotransfer in Prozent		
	frisch	tiefgefroren/aufgetaut
Qualität		
1	73,2 ^a	62,8 ^a
2	68,3 ^b	56,8 ^b
3	56,3 ^c	43,6 ^c
4	47,5 ^c	36,4 ^{b,c}
Entwicklungsstadium		
Morula	66,9	57,7
frühe Blastozyste	70,3	61,2
Blastozyste	70,9	57,9
expandierte Blastozyste	71,4	50,5
geschlüpfte Blastozyste	56,0	--
Transfersaison		
Frühling	68,8	58,2
Sommer	67,7	60,9
Herbst	67,8	58,9
Winter	68,5	55,1
Art des Empfängers		
Milchrind	70,5 ^a	60,9 ^a
Milchkuh	52,8 ^b	47,1 ^b
Fleischrind	65,9 ^a	60,0 ^a
Fleischkuh	68,6 ^a	58,6 ^a

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$)

Zu einem ähnlichen Ergebnis wie Hasler kommen auch Spell et al. (2001). Bei ihm sind 82,8 % aller Empfängertiere, die einen frischen Embryo eingepflanzt bekommen haben, als trächtig untersucht worden. Die Anwachsrate für die tiefgefrorenen/aufgetauten Embryonen war mit 69,0 % signifikant niedriger. Ebenso war die Trächtigkeitsrate bei den Tieren, die einen frischen, *in vitro* produzierten Embryo eingepflanzt bekamen, signifikant höher als bei den Tieren, bei denen ein *in vivo* produzierter tiefgefrorener/aufgetauter Embryo in den Uterus eingesetzt wurde (Ambrose et al., 1999).

2.6 Empfängertiere

2.6.1 Einfluss der Temperatur und der Saison auf die Anwachsrate der Embryonen im Empfängertier

Den saisonalen Einfluss auf die Anwachsrate nach Embryotransfer haben Misra et al. (1999) an Büffeln (*Bubalus bubalis*) in Nordamerika untersucht. Grundsätzlich war die Anwachsrate der Embryonen mit 26,4 % niedriger als beim Hausrind. Es konnte jedoch kein signifikanter Einfluss der Transfersaison auf die Anwachsrate der Embryonen beim Büffel festgestellt werden. Auch Hasler (2001) konnte keinen Einfluss der Saison auf die Trächtigkeitsraten feststellen. Es handelt sich hierbei um eine retrospektive Studie, die u. a. Transfers aus Kalifornien, Pennsylvania und den Niederlanden mit ihren unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen berücksichtigte.

In einer weiteren Untersuchung wurde der Einfluss von Hitzestress auf 180 Kühe der Rasse Holstein Friesian während der Sommermonate in Florida analysiert. Dabei wurden die Tiere 22 bzw. 42 Tage nach künstlicher Besamung bzw. Transfer eines tiefgefrorenen/aufgetauten Embryos auf Trächtigkeit untersucht. Alle Tiere waren zwischen 50 und 120 Tagen *post partum* und wiesen einen unauffälligen Fruchtbarkeitsstatus auf. Die tiefgefrorenen Embryonen stammten von Spendern, die zum Zeitpunkt der Spülung keinem Hitzestress ausgeliefert waren und waren alle von exzellenter Qualität. Es sollten die Trächtigkeitsergebnisse nach künstlicher Besamung mit den Trächtigkeitsergebnissen nach Embryotransfer verglichen werden. Am Tag

22 wurde der Serumprogesterongehalt im Blut gemessen, um eine Trächtigkeit zu diagnostizieren. Die Trächtigkeitsdiagnose am Tag 42 wurde mittels rektaler Untersuchung gestellt. Am Tag 22 wurden 60,7 % der Tiere nach künstlicher Besamung und 60,4 % der Tiere nach Embryotransfer als tragend diagnostiziert. Am 42. Trächtigkeitstag waren 21,4 % der Tiere nach künstlicher Besamung und 35,4 % der Tiere nach Embryotransfer tragend. Während am Tag 22 der Trächtigkeit kein signifikanter Unterschied in der Konzeptionsrate feststellbar war, lag die Trächtigkeitsrate nach Embryotransfer am 42. Tag signifikant höher. Damit stellten die Autoren bei Tieren, die unter klimatischen Verhältnissen wie in Florida leben, den Embryotransfer als eine echte Alternative zur künstlichen Besamung dar. Die besseren Trächtigkeitsraten nach Embryotransfer erklären sie mit der größeren Toleranz der Embryonen gegenüber erhöhter Temperatur ab ihrem dritten Lebenstag. Die Embryonen wurden wie üblich am siebten Tag gewonnen (Drost et al., 1999).

2.6.2 Einfluss von Alter und Laktationsnummer des Empfängertieres auf die Anwachsrate des Embryos

Bei der Auswahl der Empfängertiere stellt sich immer wieder die Frage, ob sich Kühe oder nullipare Tiere besser als Rezipienten eignen. Die Tatsache, dass Kühe leichter abkalben, ist ein entscheidender Vorteil (King et al., 1985a). Bedingt durch die Laktation und der damit verbundenen energetischen Belastung bei Kühen kann die Fruchtbarkeit maßgeblich beeinträchtigt sein. Weitere Stressfaktoren für Tiere, die erst einmal gekalbt haben, so genannte Erstkalbskühe, sind zusätzlich - neben dem weiteren Wachstum - auch noch soziale Rangordnungskämpfe (Broadbent et al., 1991; Görlach, 1997).

In der Regel werden Färsen bevorzugt. Der Grund hierfür liegt vor allem in der besseren Fruchtbarkeit. So ist der Anteil erfolgreicher Transfers bei Rindern höher als bei Kühen (Janowitz, 1994; Hasler, 2001). Dieser Umstand ist unabhängig davon, ob es sich um frische oder tiefgefrorene/aufgetaute Embryonen handelt (Hasler, 2001). In der Untersuchung von Janowitz (1994) wurden die Einflussfaktoren der Empfänger

auf ein erfolgreiches Anwachsen der Embryonen ermittelt. Dabei wurden 2478 Transfers ausgewertet. 2172 Embryonen wurden auf nullipare Tiere und 306 Embryonen auf Tiere übertragen, die mindestens einmal gekalbt haben. Nach Transfer der Embryonen auf Rinder waren 57,5 % tragend. Die Trächtigkeitsrate nach Transfer auf Tiere, die zuvor mindestens einmal gekalbt haben, lag dagegen nur bei 44,1 %. Dieser Unterschied war hochsignifikant. Diese Beobachtungen bestätigten sich auch in einer Untersuchung von Hanekamp (1999). Dieser transferierte Embryonen der Rasse Blonde d'Aquitaine auf Milchviehfärsen und -kühen. Die Trächtigkeitsrate der Färsen lag bei 42 %, die der Kühe, die zuvor mehr als dreimal gekalbt hatten, bei 33 %. Auch bei einer Untersuchung von Dochi et al. (1998) war die Zahl der Trächtigkeiten nach Embryotransfer bei Färsen signifikant höher als bei Kühen. Dabei wurden insgesamt 1273 Embryonen übertragen. Die LSQ-Mittelwerte der Trächtigkeiten in Prozent betrugen für Rinder 46,2 %, für Tiere in der ersten Laktation 33,6 %, für Tiere in der zweiten Laktation 23,8 % und für Tiere mit mehr als drei Laktationen 29,4 %. Signifikant bessere Ergebnisse in den Trächtigkeitsraten erzielten Rinder. Unabhängig von der Anzahl der Laktationen bei den Kühen wurden keine signifikanten Unterschiede in den Trächtigkeitsraten nach Embryotransfer festgestellt.

Vergleicht man Färsen und Kühe von Fleischrassen mit Färsen der Rasse Holstein Friesian, so stellt man keinen signifikanten Unterschied in der Trächtigkeitsrate nach Embryotransfer fest. Allerdings haben Kühe der Rasse Holstein Friesian signifikant schlechtere Trächtigkeitsraten nach Embryotransfer als die übrigen Kontrollgruppen in dieser Studie (Hasler, 2001). Der Autor erklärt dies mit dem durch die Laktation bedingten Stress und der energetischen Unterversorgung. Wright (1981) konnte keinen signifikanten Unterschied in der Trächtigkeitsrate zwischen Kühen und Färsen von Fleischrinderrassen feststellen.

Andere Autoren wiesen unabhängig von der Nutzungsrichtung der Empfängertiere keinen signifikanten Unterschied in der Trächtigkeitsrate nach (Broadbent et al., 1991; Callesen et al., 1994). Lediglich bei älteren Untersuchungen wurde bei Kühen eine höhere Trächtigkeitsrate nach Embryotransfer als bei Rindern nachgewiesen. Die Autoren erklären dies mit der schwierigeren Zervixpassage bei nulliparen Tieren

(Newcomb und Rowson, 1980).

3 Material und Methoden

Für die Untersuchungen stehen zwei unterschiedliche Datensätze zur Verfügung. Der erste setzt sich aus den Informationen für die Spendertiere mit Spülergebnissen, Behandlungen und Abstammungen zusammen. Der zweite Datensatz beinhaltet Informationen über die Trächtigkeitsrate der Empfängertiere, deren Abstammung, die genetischen Eltern der Embryonen und die Embryonen selbst.

3.1 Zusammensetzung der Informationen über die Spendertiere

Die Informationen setzen sich zusammen aus der Spenderkuh, dem Besamungsbullen, dem zur Superovulation verwendeten Gonadotropin, dem Spüldatum, der Anzahl der gespülten Eizellen, der tauglichen und degenerierten Embryonen und der unbefruchteten Eizellen. Im Folgenden werden nicht immer alle Merkmale aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Aussagekraft berücksichtigt und gesondert aufgeführt werden. Mit dem Merkmal der „[%]-tauglichen Embryonen“ ist der Anteil der tauglichen Embryonen an den gespülten Eizellen/Embryonen als Maß für die Produktionsrate von vitalen Embryonen definiert. Zusätzliche Informationen der Elterntiere über deren Abstammung mit ihren Basiseltern bis 1950, das Geburtsdatum und die Anzahl der Laktationen der Donoren, sowie Testtagesdaten der Milchleistungsprüfung der Spenderkühe wurden von dem „Vereinigten Informationssystem Tierhaltung w.V.“ (VIT) geliefert. Ausgewertet wurden Spülungen, die in dem Zeitraum von Januar 1998 bis Oktober 2004 durchgeführt wurden.

3.1.1 Datenaufbereitung der Spendertiere

Das Datenmaterial umfasste insgesamt 5399 Spülungen. Bei 52 Spülungen wurden Besamungsbullen einer anderen Rasse als HF eingesetzt. 27 Spülungen lagen außerhalb des Beobachtungszeitraumes. Bei 155 Spülungen war keine eindeutige

Herdbuchnummer der Spenderkuh vorhanden. Weitere 93 Beobachtungen können nicht berücksichtigt werden, da die Zahl der Embryonen nicht plausibel war. Schließlich wurden weitere 76 Spülungen wegen unkorrekter Angaben über das verwendete Hormon oder deren Menge gelöscht. Somit blieben am Ende 4996 Spülungen übrig (siehe Tabelle 8). Ab hier teilten sich die Beobachtungen für die folgenden Merkmale auf: gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen einerseits und degenerierte Embryonen und unbefruchtete Eizellen andererseits. Die unterschiedlichen Beobachtungszahlen bei den einzelnen Merkmalen ergaben sich aus den unterschiedlichen Strukturen des Datenmaterials der einzelnen Zuchtorganisationen. Über die Beschaffenheit der Embryonen, die gespült wurden, aber nicht tauglich waren, lagen nicht immer detailliertere Informationen vor.

Bei 293 bzw. 243 Spülungen wurden unterschiedliche Besamungsbullen für dieselbe Spülung eingesetzt, so dass nicht zuzuordnen war, welcher Besamungsbulle der Vater der Embryonen ist. Außerdem ist nicht bei allen Tieren die Laktationsnummer eindeutig zuzuordnen. So bleiben für die genetischen Analysen 3006 Beobachtungen für die Merkmale gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen und 2474 Beobachtungen für die Merkmale degenerierte Embryonen und unbefruchtete Eizellen übrig.

Mit diesen verbleibenden 3006 bzw. 2474 Beobachtungen wurden die Einflüsse der fixen Effekte geschätzt, die keine Milchleistungsmerkmale waren (Hormon, Verband, Saison und Laktationsnummer). Bei allen Analysen, bei denen der Anteil der tauglichen Embryonen an den gespülten mit einging, reduziert sich die Anzahl der Spülungen um die jeweilige Anzahl der Spülungen mit 0 gespülten Eizellen/Embryonen, da von diesen Beobachtungen kein Anteil an tauglichen Embryonen ausgewertet werden konnte. Bei 2694 bzw. 2238 Spülungen waren die Spenderkühe in Milch. Um den Einfluss der Milchleistung zum Zeitpunkt der Spülung zu analysieren, wurden nur Spülungen berücksichtigt, deren Abstand zwischen der letzten Milchleistungskontrolle und der Spülung max. 40 Tage betrug. Somit war es möglich, den Einfluss der Milchleistung unmittelbar vor der Spülung zu analysieren. Dies ist bei 2274 bzw. 1963 Spülungen der Fall. Da nicht bei allen Probegemelken die Harnstoffkonzentration zur Verfügung stand, konnten für die Analyse des Einflusses des Harnstoff-

Eiweiß-Verhältnisses nur 1937 bzw. 1934 Beobachtungen berücksichtigt werden.

Tabelle 8: Anzahl Beobachtungen für die unterschiedlichen Analysen der Spender-tiere

	Anzahl Beobachtungen			
	absolut		prozentual	
Rohdaten	5399		100,00	
Bullen anderer Rassen	-52		-0,96	
Herdbuchnummern der Spenderkühe	-27		-0,50	
Beobachtungszeitraum	-155		-2,87	
unplausible Anzahl der Embryonen	-93		-1,72	
fehlerhafte Angaben zum Hormon	-76		-1,41	
Anzahl Spülungen	4996		92,54	
Embryonen/Eizellen	gespülte/ degenerierte/taugliche unbefruchtete		gespülte/ degenerierte/taugliche unbefruchtete	
	absolut		prozentual	
Anzahl Spülungen mit Pedigree-Information	3378	2780	62,57	51,49
mehr als ein eingesetzter Besamungsbulle pro Spülung	-293	-243	-5,42	-4,50
Anzahl der Spülungen ohne Laktationsnummer	-79	-63	-1,46	-1,17
genetische Analysen und Analysen der fixen Effekte Hormon, Verband, Saison, Laktationsnummer	3006	2474	55,68	45,82
Anzahl Spülungen ohne Testtagsdaten	-312	-181	-5,78	-3,35
mehr als 40 Tage zwischen der letzten Milchleistungsprüfung und der Spülung	-420	-320	-7,78	-5,93
fixer Effekt Fett-Eiweiß-Quotient und Kovariable Milchleistung	2274	1963	42,12	36,36
Anzahl Spülungen mit Testtagsdaten ohne Harnstoffkonzentration	-373	-29	-6,24	-0,54
fixer Effekt Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis	1937	1934	35,88	35,82

Tabelle 9: Anzahl Beobachtungen für die genetischen Analysen und Korrelationen mit den Milchleistungsmerkmalen aus der ersten Laktation

Embryonen/Eizellen	Anzahl Beobachtungen	
	gespülte/ taugliche	degenerierte/ unbefruchtete
genetische Analysen und Analysen der fixen Effekte Hormon, Verband, Saison, Laktationsnummer	3006	2474
Spülungen von Spendertieren ohne Milchleistungsinformationen aus der ersten Laktation	-438	-403
genetische Korrelation zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion und der ersten Laktation	2568	2071

Ausgehend von den 3006 bzw. 2474 Spülungen für die genetischen Analysen werden zusätzlich die genetischen Korrelationen zwischen den Milchleistungsmerkmalen der ersten Laktation und den Spülergebnissen geschätzt (vgl. Tabelle 9). Dies sind für die Merkmale gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen 2568. Für die beiden anderen Merkmale bleiben 2071 Beobachtungen. Diese Spülungen wurden an 1523 bzw. 1235 unterschiedlichen Kühen durchgeführt.

Für die Analyse der genetischen Korrelation zwischen Milchleistung und den Merkmalen der Embryonenproduktion werden ausschließlich die Milchleistungsmerkmale der Probegemelkergebnisse der ersten Laktation berücksichtigt.

3.1.2 Zusammensetzung und Verteilung der einzelnen Hormonklassen

Die zur Superovulation verwendeten Hormone wurden in 5 Klassen eingeteilt. Die Einteilung der 5 Klassen erfolgte zunächst nach den unterschiedlichen Stoffklassen PMSG und FSH. Extra für diesen Versuch wurde der Einsatz von Folltropin®-V genehmigt (Genehmigungsbescheid vom 02.12.2003 siehe Anhang). Daher wurde die-

ses in der Gruppe der FSH Präparate als eigenständige Gruppe analysiert. Die übrigen FSH Präparate wurden aufgrund zu geringer Beobachtungszahlen in einer Gruppe zusammengefasst. Bei 1126 Spülungen war keine eindeutige Zuordnung zu einem Hormon möglich. 885-mal wurden die Spendertiere mit PMSG (Intergonan®) superovuliert. 705 bzw. 140 Spülungen wurden mit Folltropin®-V bzw. einem anderen FSH (Ovagen®, Stimufol® oder Pluset®) vorgenommen. In einer weiteren Gruppe sind 150 Spülungen, bei denen zu Beginn die Superovulation mit Intergonan® induziert und anschließend mit einem FSH Präparat fortgeführt wurde (vgl. Abb. 4).

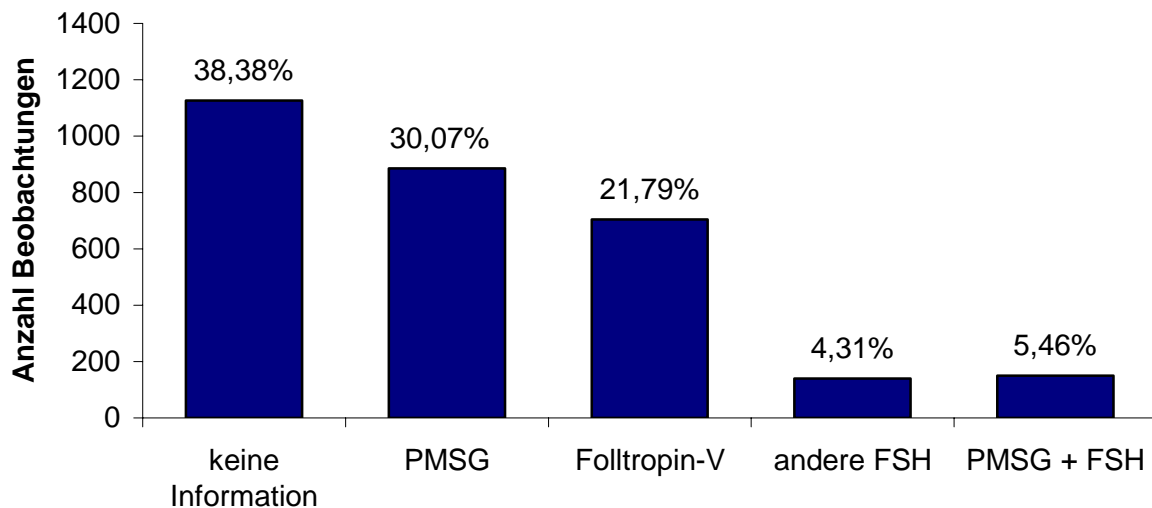


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der für die Superovulationen verwendeten Hormonklassen

3.1.3 Verteilung der Spülungen auf die unterschiedlichen Zuchtorganisationen

Das ausgewertete Datenmaterial ist von vier Zuchtorganisationen zur Verfügung gestellt worden. Dabei handelte es sich um die „Weser-Ems-Union e. G.“, den „Verein Ostfriesischer Stammviehzüchter e. G.“, das „Osnabrücker Herdbuch e. G.“ und die „Zucht- und Besamungsunion Hessen e. G.“. Für dieses Projekt wurden die Auswertungsprotokolle der Spülungen und der Transfers der einzelnen Zuchtorganisationen ab 1998 zur Verfügung gestellt. Dabei mussten die unterschiedlichen Strukturen, Er-

hebungsarten und standardmäßig erfassten Informationen des Datenmaterials der einzelnen Organisationen auf eine gemeinsame Basis gebracht werden. Im Folgenden werden die Zuchtorganisationen von 1 bis 4 durchnummeriert, wobei die Nummerierung keiner systematischen Ordnung entspricht. Die einzelnen Zuchtorganisationen haben unterschiedlich viele Spülungen vorgenommen. Die Zuchtorganisation 1 lieferte 1292 Spülungen. 556 Spülungen wurde bei der Zuchtorganisation 2 durchgeführt und 802 bzw. 356 bei den Zuchtorganisationen 3 bzw. 4 (siehe Abb. 5).

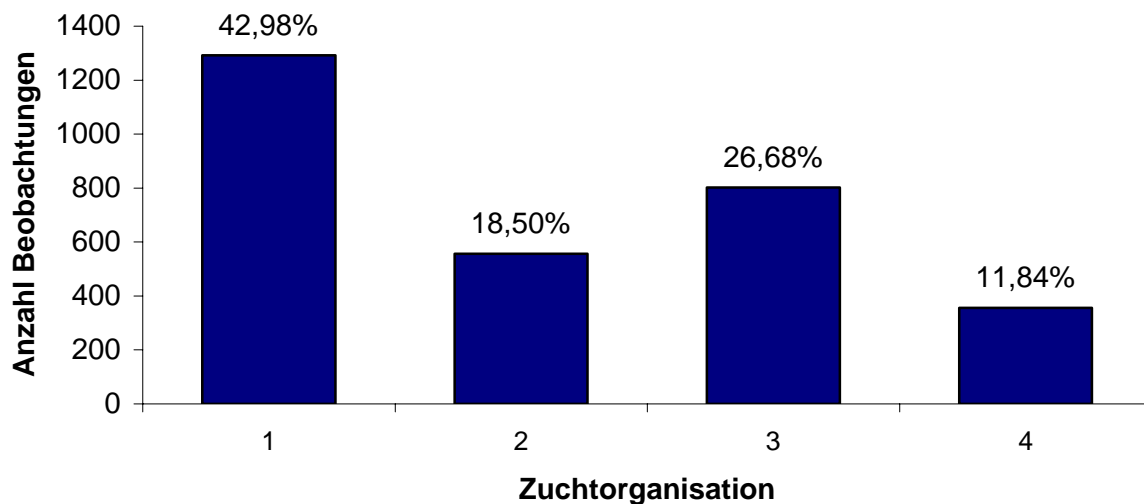


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Verbände

Bei den ET-Teams der verschiedenen Zuchtorganisationen bestehen teilweise Unterschiede bei der Vorbereitung der Spendertiere und der Durchführung der Spülungen, Lagerung der Embryonen und des Transfers. Diese Unterschiede bei den Spülungen sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Voruntersucht wurden die Tiere bei allen beteiligten Zuchtorganisationen überwiegend durch den Tierarzt, der auch den Embryotransfer ausführte. Dabei können, abgesehen von der Zuchtorganisation 4, auch die jeweils eigenen Techniker diese Voruntersuchung durchführen. In seltenen Fällen (bei allen 5 % bis 10 %) nahm diese Voruntersuchungen bei den Zuchtorganisationen 1 und 3 auch der Hoftierarzt vor. Bei der Zuchtorganisation 4 wurden alle Voruntersuchungen von dem durchführenden

den Tierarzt vorgenommen.

Mit der Superovulation wurde bei allen Zuchtorganisationen zwischen dem 9. und 12. Zyklustag begonnen, ohne diesen genau bei jeder Spülung zu dokumentieren. Die Dosierungen der zur Superovulation verwendeten Hormone für die Rinder, die Erstkalbskühe und die Kühe waren bei allen vier Zuchtorganisationen gleich. Die genauen Dosierungen der unterschiedlichen zur Superovulation verwendeten Hormone pro Kuh konnten nicht ausgewertet werden, da diese im vorliegenden Datensatz nicht immer für jede einzelne Spülung zur Verfügung standen.

Unterschiede gab es beim verwendeten Prostaglandinanalogen. Die Zuchtorganisation 1 verwendete bei ca. 85 % der Spülungen Estrumate[®] und bei ca. 15 % der Spülungen Illiren[®]. Dagegen setzen die Zuchtorganisationen 2 und 4 fast ausschließlich Preloban[®] ein. Die Zuchtorganisation 3 verwendete bis Mitte 2003 ausschließlich Pronilen[®] und ab dann Preloban[®].

Bei sog. Problemtieren, die zuvor keine regelmäßigen Brunstsymptome aufwiesen, schon mehrfach erfolglos besamt wurden oder bei der routinemäßigen Voruntersuchung auffällig waren, wurden bei allen Organisationen zusätzlich zur routinemäßig durchgeführten manuellen rektalen Palpation die Genitaltrakte der einzelnen Spendertiere ultrasonographisch untersucht. Der dominante Follikel der Spendertiere wurde bei allen Zuchtorganisationen gelegentlich unter manueller oder ultrasonografischer Kontrolle punktiert. Wenn die Spendertiere bei der Voruntersuchung durch ein kleines Corpus luteum und/oder erniedrigte Progesteronwerte auffielen, bekamen sie vor allem bei den Organisationen 1 und 2 eine PRID[®] Vaginalspirale eingesetzt. Diese wurde am vierten oder fünften Zyklustag eingesetzt und mit der Luteolyse nach der Superovulation gezogen. Dieses betrifft in den beiden Zuchtorganisationen ca. 5 % der Spülungen. Bei der Zuchtorganisation 3 kam dies gar nicht vor und bei der Zuchtorganisation 4 wurde dieses Verfahren bei weniger als 5 Spülungen pro Jahr angewendet. Die Zuchtorganisationen 1 - 3 führten vor der Spülung eine Epiduralanästhesie mit 5 ml eines Lokalanästhetikums durch. Diese wurde bei der Zuchtorganisation 4 nicht angewandt. Nach dem Auffinden und Waschen der Embryonen wur-

den diese bis zur Übertragung oder Weiterverarbeitung unterschiedlich behandelt. Die Lagerung bis zur Weiterverarbeitung betrug bei allen Zuchtorganisationen bis zu 2 Stunden. Dabei wurden die Embryonen, außer bei der Zuchtorganisation 4, auf Wärmeplatten bei 30°C gelagert. Die Zuchtorganisation 4 lagerte die Embryonen bei Zimmertemperatur. Während des größten Teils des Beobachtungszeitraumes hatte die Zuchtorganisation 1 einen Trägartierstall. In diesem wurden nach einer Quarantänezeit die Tiere zusammengestellt und zweimal täglich die Brunst kontrolliert. Bei den Zuchtorganisationen 3 und 4 wurden die Empfängertiere häufiger synchronisiert, damit zum Zeitpunkt der Spülung ausreichend Empfängertiere bereit standen.

Tabelle 10: Unterschiede und Gemeinsamkeiten beim Embryotransfer der einzelnen Zuchtorganisationen

Zuchtorganisation	1	2	3	4
Voruntersuchung	meistens durch den Stationstierarzt; ausnahmsweise durch den Techniker; bei 5 % bis 10 % der durch den Hoftierarzt			immer durch den ET ausführenden Tierarzt
Beginn der Superovulation	zwischen dem 9. und 12. Zyklustag			
Dosierung der zur Superovulation verwendeten Hormone	bei allen Zuchtorganisationen entsprechend der Herstellerempfehlungen gleich			
verwendetes Prostaglandin	ca. 85 % Estrumate [®] und 15 % Illiren [®]	fast ausschließlich Preloban [®]	bis Mitte 2003 Pronilen [®] ; ab dann Preloban [®]	fast ausschließlich Preloban [®]
zusätzliche Untersuchungen bei Problemtieren	ultrasonografische Untersuchung; gelegentlich Punktion des dominanten Follikels; gelegentlich Ermittlung des Progesteronwertes bei kleinem Corpus luteum			
Verwendung einer PRID [®] Vaginalspirale	bei erniedrigten Progesteronwerten (ca. 5 % der Spülungen)	bei erniedrigten Progesteronwerten (ca. 5 % der Spülungen)	kein Einsatz einer Spirale	Einsatz bei max. 5 Spülungen pro Jahr

Die Angaben über den Ablauf der Spülungen und der durchgeführten Untersuchungen beruhen auf Aussagen der einzelnen ET-Teams.

3.1.4 Zusammensetzung und Verteilung der Spülungen auf die einzelnen Saisonklassen

Die Spülungen waren über das Jahr relativ gleichmäßig verteilt. Dabei wurden die Saisonklassen den Jahreszeiten angepasst. Die erste Saison geht von Dezember bis Februar, die zweite von März bis Mai, die dritte von Juni bis August und die vierte schließlich von September bis November. In der ersten Saisonklasse sind 833, in der zweiten 783, in der dritten 699 und in der letzten 691 Spülungen durchgeführt worden (siehe Abb. 6).

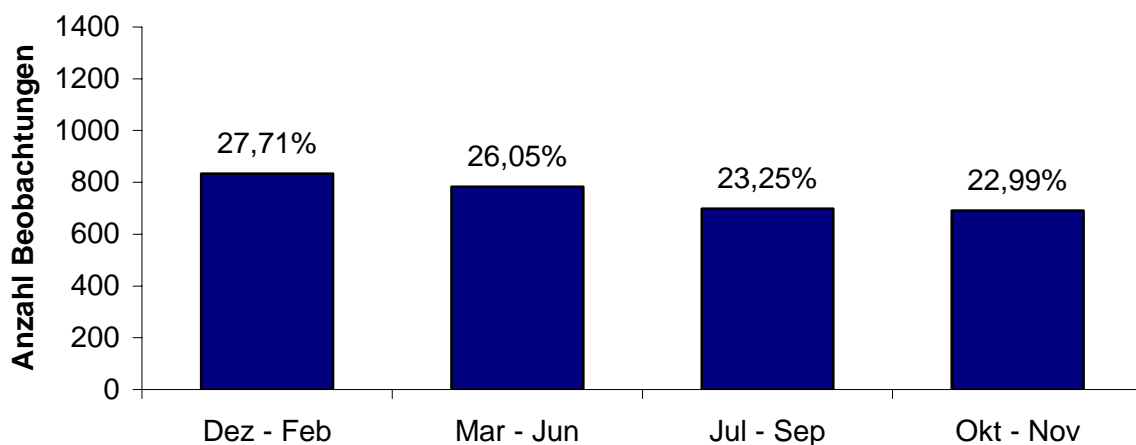


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Saisonklassen

3.1.5 Anzahl der Laktationen zum Zeitpunkt der Spülung

In Abbildung 7 sind die Laktationsnummern nach der Anzahl der Kalbungen eingeteilt, die eine Spenderkuh zum Zeitpunkt der Spülung hatte. Dabei entspricht die Klasse der Anzahl der Kalbungen. Tiere, die mehr als fünfmal gekalbt haben, wurden in der Klasse >5 zusammengefasst. Vor der ersten Kalbung wurden 336 Tiere gespült. Die meisten Tiere werden mit 978 in der ersten Laktation gespült. Die Anzahl der Spülungen nimmt danach kontinuierlich ab. In Laktation 2, 3 und 4 waren es 423,

297 und 178. 245 Tiere haben zum Zeitpunkt der Kalbung mehr als 5 Laktationen.

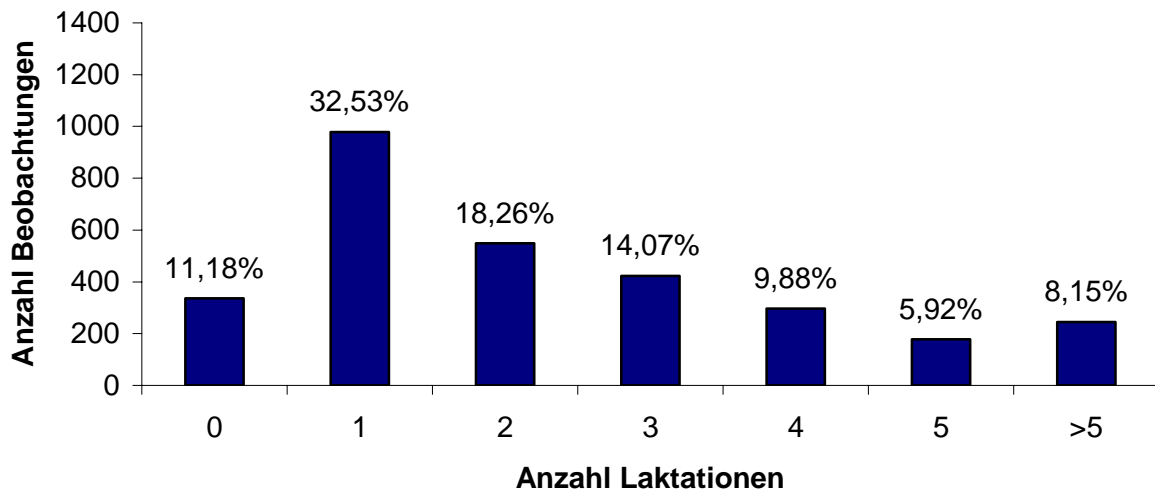


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Laktationsnummern

3.1.6 Einteilung und Verteilung der Laktationsstadien zum Zeitpunkt der Spülung und Anzahl Spülungen innerhalb einer Laktation

Der erste Laktationsabschnitt beginnt mit dem 50. Tag *post partum* und geht bis zum 149. Tag. In der zweiten Klasse sind Tiere zwischen dem 150. und 249. Laktationstag. Klasse drei beinhaltet Tiere zwischen dem 250. und 349. Laktationstag und in der letzten Klasse sind alle Tiere ab dem 350. Laktationstag (siehe Abb. 8).

Des Weiteren wurde die Anzahl der Spülungen innerhalb einer Laktation berücksichtigt. Wie in Abbildung 9 zu erkennen ist, wurden die Klassen eingeteilt in eine Spülung, zwei Spülungen und mehr als zwei Spülungen pro Laktation.

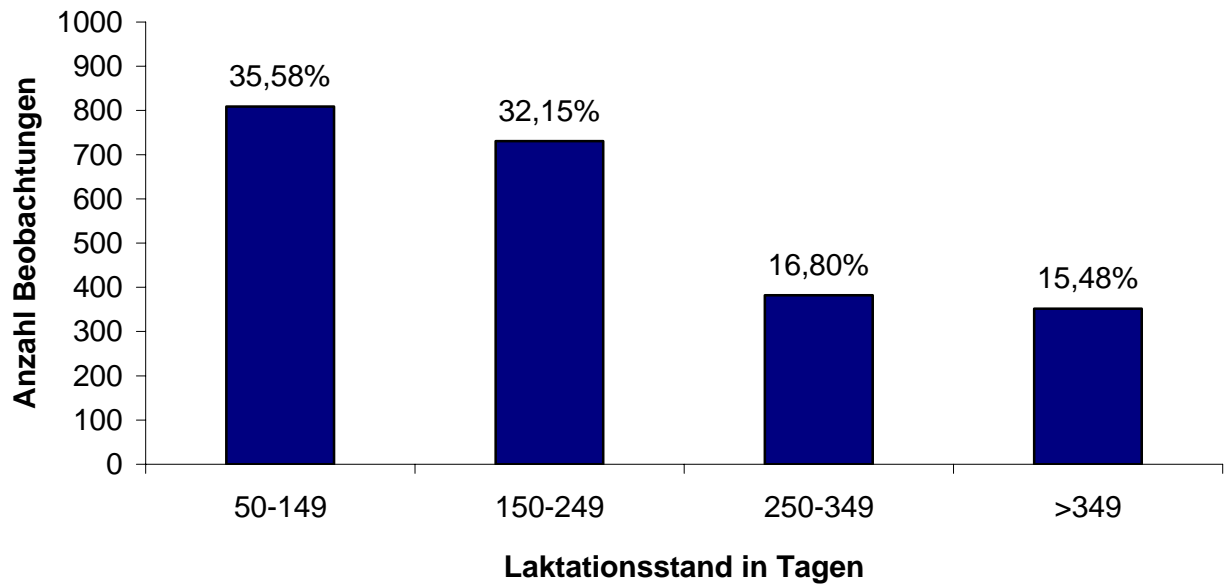


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die unterschiedlichen Laktationsstadien (Tage p.p.)

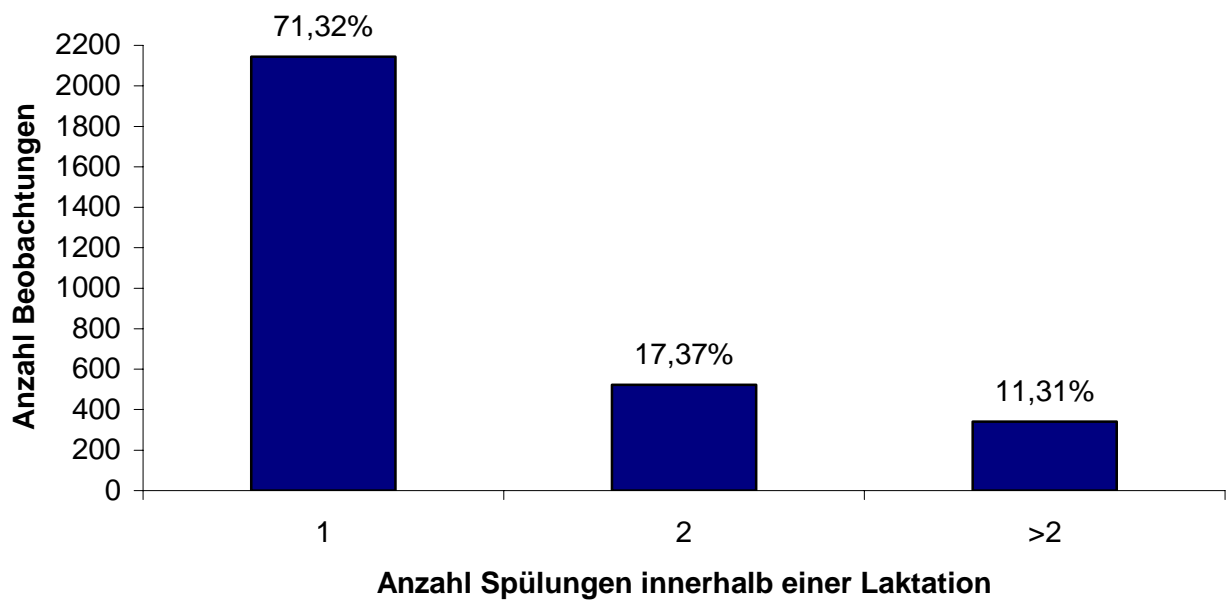


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für die Anzahl Spülungen innerhalb einer Laktation

3.1.7 Berücksichtigung und Einteilung der Milchmenge und Milchinhaltsstoffe zum Zeitpunkt der Spülung

Um den Einfluss der Milchleistung zum Zeitpunkt der Spülung zu analysieren, wurden die Informationen über die Milchmenge und die Milchinhaltsstoffe verwendet, die in der letzten Milchkontrolle vor der Spülung gemessen wurden. Die maximale Dauer zwischen der letzten Milchleistungskontrolle und dem Tag der Spülung beträgt 40 Tage. Damit sind weder trockenstehende Kühe noch Rinder in die Analysen mit eingeflossen.

Die Einflüsse der Milchmenge und der Milchinhaltsstoffe der einzelnen Probemelkergebnisse sind unterschiedlich in die Analysen eingeflossen. So ist die Milchmenge als kontinuierliche Variable eingegangen. Der Fett-Eiweißquotient (FEQ) dient als analytische Kenngröße, um die Gefahr einer Azidose bei einer laktierenden Kuh abzuschätzen (de Kruif et al., 1998). Er ist in zwei Klassen eingeteilt. In der ersten Klasse sind Spendertiere, deren Fett-Eiweißquotient (FEQ) in der Milch $<1,2$ zu 1 ist. In der zweiten Klasse sind alle übrigen Tiere. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Spülungen in die beiden Klassen.

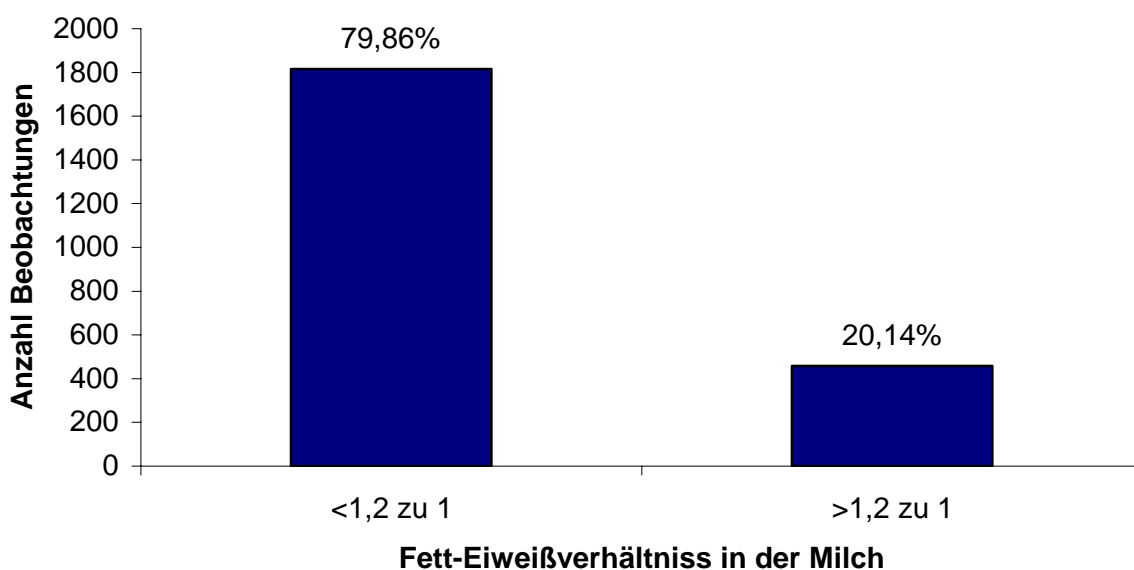
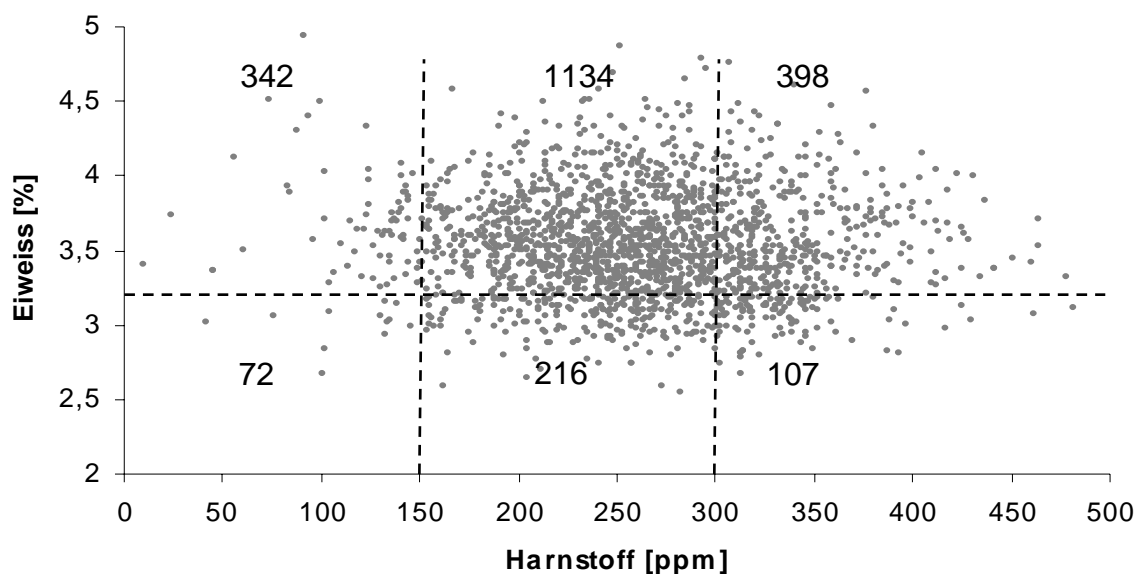


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen für das Fett-Eiweißverhältnis

In Abbildung 11 ist die 6- Feldertafel mit den von de Kruif et al. (1998) beschriebenen Grenzen dargestellt. Die Punktwolke entspricht der Verteilung der Spenderkühe mit deren Eiweiß-Harnstoffverhältnis bei der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung. Die Zahlen in den einzelnen Feldern sind die Anzahl der Beobachtungen innerhalb der oben aufgeführten Klassen. Aufgrund der geringen Beobachtungszahl werden die Werte für die weiteren Analysen unterhalb der 3,2 % Eiweißlinie in eine Gruppe zusammengefasst



Jeder Punkt entspricht einer Spülung einer laktierenden Spenderkuh und die Zahlen sind die Anzahl der Beobachtungen in den einzelnen Feldern.

Abbildung 11: Verteilung der Spülungen (absolut) in den unterschiedlichen Feldern der 6-Felder Tafel

3.1.8 Informationen aus der Milchleistungsprüfung der ersten Laktation für genetische Analysen

Es werden die genetischen Einflüsse für die Merkmale der Embryonenproduktion mit den Informationen der Milchleistungsprüfung aus der ersten Laktation korreliert. Damit wird ermittelt, ob und wie die genetische Bereitschaft zur Milchproduktion mit der Eignung zur Embryonenproduktion korreliert ist.

Tabelle 11 zeigt die Mittelwerte, Minima, Maxima und die Standardabweichung der einzelnen Milchleistungsmerkmale und -inhaltsstoffe sowie das durchschnittliche Erstkalbealter. Die unterschiedlichen Beobachtungszahlen kommen auch hier durch die unterschiedlichen Datenstrukturen in den unterschiedlichen Zuchtorganisationen zustande. Die Anzahl der Beobachtungen ist für die Zahl der gespülten Eizellen und tauglichen Embryonen 1505 und für die beiden anderen Merkmale 1222.

Tabelle 11: Angaben der Milchleistungsparameter und des Erstkalbealters der Donoren [Mittelwert (mit Standardabweichung, Minimum und Maximum)] für gespülte Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen, sowie degenerierte Embryonen und unbefruchtete Eizellen

Merkmal	gespülte Eizellen/Embryonen; taugliche Embryonen	degenerierte Embryonen; unbefruchtete Eizellen
305 Tageleistung der Milch in kg	9481,2 (1507,6/4705,1/14831,7)	9562,7 (1477,7/4705,1/14831,7)
Fett [%]	4,16 (0,48/2,51/5,59)	4,14 (0,47/2,51/5,59)
Eiweiß [%]	3,44 (0,19/2,63/4,14)	3,44 (0,19/2,63/4,14)
somatic cell score (SCS) ¹	2,39 (1,11/-0,04/7,28)	2,37 (1,12/-0,04/7,28)
Erstkalbealter in Monaten	28,3 (3,1/22/40)	28,3 (3,0/22/38)

¹Somatic cell score (SCS) = logarithmiertes geometrisches Mittel der somatischen Zellen in der Milch

3.1.9 Rohmittelwerte und Verteilungen für die Merkmale der Embryonenproduktion

Die erste Spülung innerhalb des Beobachtungszeitraumes wurde am 02.01.1998 vorgenommen, die letzte am 28.10.2004. Die Rohmittelwerte der untersuchten Kennzahlen für den Embryotransfer sind gemeinsam mit der Anzahl der Beobachtungen, der Standardabweichung, sowie den Minima und Maxima in Tabelle 12 dargestellt. Hierbei handelt es sich um die Rohmittelwerte aller Spülungen.

Tabelle 12: Rohmittelwerte mit Standardabweichung, Minima und Maxima für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion

Merkmal	Zahl der Spülungen	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
gespülte Eizellen/Embryonen	3006	8,52	6,91	0	52
taugliche Embryonen	3006	4,84	5,00	0	33
untaugliche Embryonen	3006	3,69	5,07	0	39
degenerierte Embryonen	2474	0,81	2,25	0	29
unbefruchtete Eizellen	2474	2,64	4,61	0	34

Die große Standardabweichung bei den einzelnen Merkmalen veranschaulicht die großen Schwankungen und damit die schlechte Vorhersagbarkeit bei den einzelnen Spülungen.

Abbildung 12 zeigt die Anzahl der Spülungen in Abhängigkeit des Merkmals gespülte Eizellen/Embryonen. Bei 215 Spülungen oder 7,15 % konnten keine Eizellen oder Embryonen gewonnen werden. 226 Spülungen oder 7,52 % brachten 6 Embryonen oder Eizellen hervor. Ab dann nimmt mit steigender Zahl gewonnener Embryonen/Eizellen die Zahl der Beobachtungen ab. Die Daten sind nicht normalverteilt.

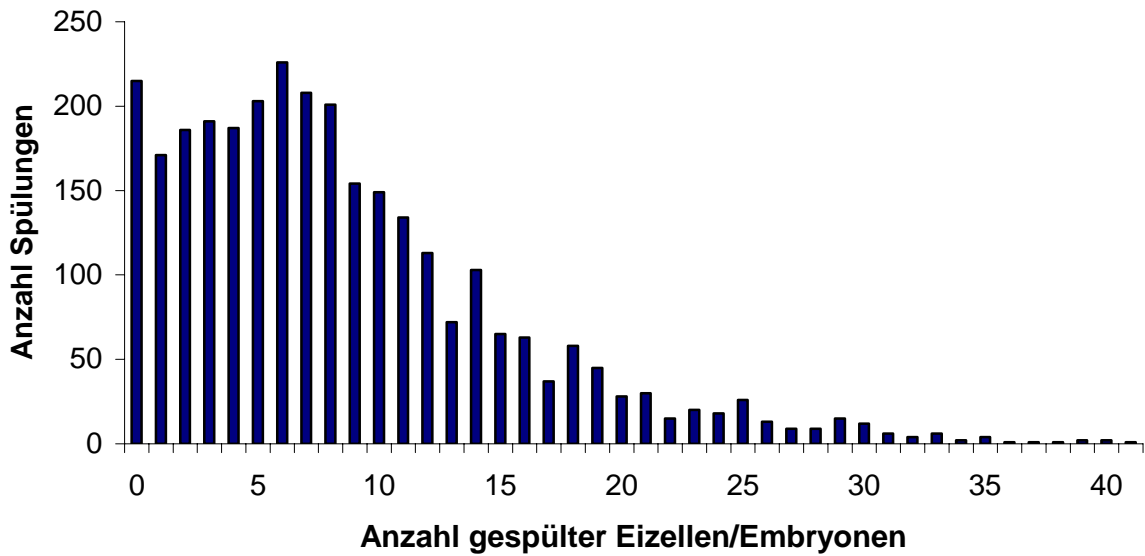


Abbildung 12: Häufigkeit der Spülungen in Abhängigkeit des Merkmals gespülte Eizellen/Embryonen

In Abbildung 13 ist die Zahl der tauglichen Embryonen in Abhängigkeit von der Anzahl der Spülungen dargestellt. Bei 681 Spülungen konnten keine tauglichen Embryonen gewonnen werden. Dies entspricht 22,65 %. Die Zahl der Beobachtungen nimmt kontinuierlich mit steigender Anzahl tauglicher Embryonen ab. Auch hier sind die Daten nicht normalverteilt.

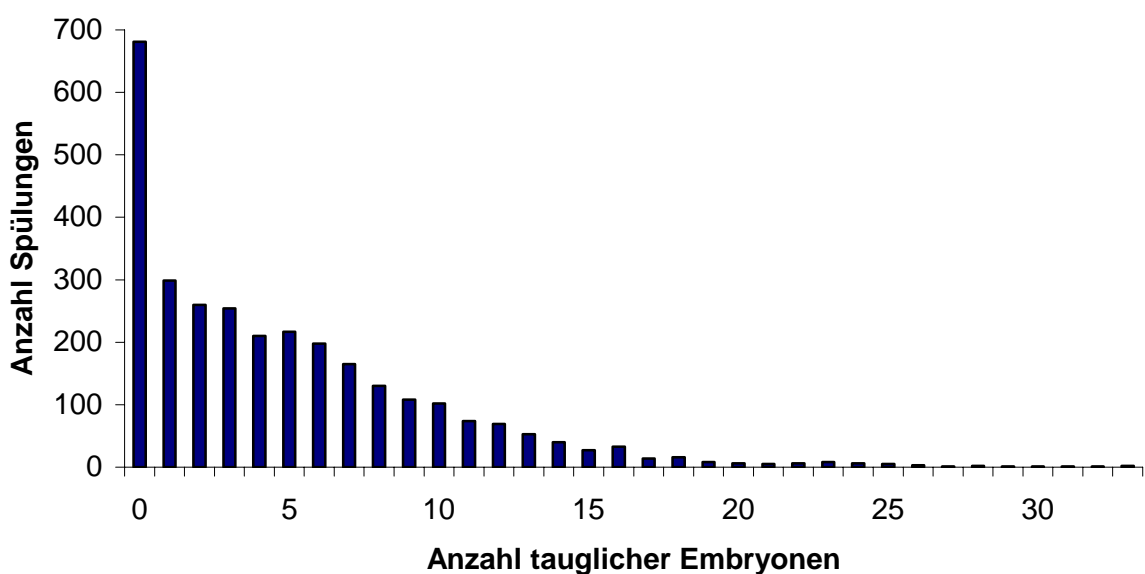


Abbildung 13: Häufigkeit der Spülungen in Abhängigkeit des Merkmals taugliche Embryonen

Im Folgenden werden die Rohmittelwerte pro Tier aufgeführt. Dafür werden die Merkmale der einzelnen Beobachtungen derjenigen Tiere, die mehrfach gespült wurden, aufaddiert und durch die Anzahl der Spülungen dividiert. Die 3006 Spülungen wurden an 1846 Donoren durchgeführt. Damit ist jede Spenderkuh durchschnittlich 1,85-mal gespült worden. Das Maximum liegt bei 13 Spülungen. Durchschnittlich wurde eine Kuh 1,51-mal pro Laktation gespült. Es konnten von jedem Einzeltier durchschnittlich 8,38 Eizellen/Embryonen gewonnen werden, von denen im Mittel 4,65 tauglich waren. Durchschnittlich waren 3,74 Embryonen untauglich. Jeder der 339 unterschiedlichen Spülbullen kommt durchschnittlich 7,3-mal zum Einsatz. Im Mittel wurden von jedem eingesetzten Bullen 4,54 taugliche Embryonen pro Einsatz gespült. Die Zahl der untauglichen lag durchschnittlich bei 3,46 Eizellen/Embryonen pro eingesetzten Bullen. Die einzelnen Spülergebnisse pro Spendertier sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Mittelwerte mit Standardabweichungen, Minima und Maxima für die Spülungen und die Merkmale der Embryonenproduktion pro Spendertier

Merkmal	Kuh	Bulle
Spülungen bzw. Besamungen	1,85 (1,54/1/13)	7,3 (14,3/1/109)
Spülungen pro Laktation	1,51 (1,07/1/11)	
Laktationstage	279 (212/49/1739)	
gespülte Eizellen/Embryonen	8,38 (6,28/0/40)	
taugliche Embryonen	4,65 (4,34/0/30)	4,54 (3,39/0/25)
untaugliche Eizellen/Embryonen	3,74 (4,68/0/34)	3,46 (3,62/0/26)
degenerierte Embryonen	0,83 (2,12/0/28)	0,76 (1,67/0/16)
unbefruchtete Eizellen	2,62 (4,35/0/34)	2,25 (3,27/0/24)

3.2 Zusammensetzung über die Informationen für die Empfängertiere

Das von den Zuchtorganisationen zur Verfügung gestellte Datenmaterial zur Analyse der Trächtigkeitserfolge nach Embryotransfer beinhaltet die eindeutige Kennzeichnung der Empfängertiere und der Donoren und das Spüldatum des Embryonen. Die Informationen über die Spenderkuh und das Spüldatum erlaubt eine eindeutige Zuordnung zu den Informationen der Spendertierdaten. Weiterhin stehen Informationen über die übertragende Zuchtorganisation, die Entwicklungs- und Qualitätsstufe des Embryos und das Transferdatum zur Verfügung. Embryonen, die am Tag der Spülung transferiert wurden, sind frisch und solche, die zu einem späteren Zeitpunkt transferiert wurden, sind tiefgefroren und vor dem Transfer wieder aufgetaut worden. Zusätzliche Informationen wie die Rasse des Empfängertieres, die Anzahl der Laktationen zum Zeitpunkt des Transfers, und die einzelnen Kalbedaten wurden von der Organisation „Vereinigtes Informationssystem Tierhaltung w. V.“ (VIT) geliefert. Über das VIT wurden auch Pedigreeinformationen der Empfängertiere mit den Basiseltern bis 1950 für genetische Analysen zur Verfügung gestellt. Im Folgenden werden nur Empfängertiere der Rasse Dt. Holstein berücksichtigt.

Als Merkmal für einen erfolgreichen Transfer und eine erfolgreiche Trächtigkeit wird eine Kalbung zwischen dem 263. und dem 283. Tag nach dem Transfer definiert. Bei einer Differenz zwischen Spülung und Besamung von 7 Tagen ist dann von einer effektiven Trächtigkeitsdauer von 270 bis 290 Tagen auszugehen. Dies entspricht der physiologischen Trächtigkeitslänge beim Rind (Richter und Götze, 1993). King et al. (1985b) ermittelten die Trächtigkeitsdauer nach Embryotransfer bei Dt. Holstein als Empfängertiere von 278,7 Tagen mit einer Standardabweichung von 3,1 Tagen.

Der Beobachtungszeitraum für die Empfängertiere begann Anfang Januar 1998 und endete am 20. Juni 2005. Bei einer maximalen Trächtigkeitsdauer von 290 Tagen ist das letzte Transferdatum, das berücksichtigt wurde, der 3. September 2004. Somit konnten die Empfängertiere in dem genannten Beobachtungszeitraum gekalbt haben.

3.2.1 Datenaufbereitung der Empfängertiere

Das Rohdatenmaterial umfasst 11195 Transfers. Bei 7320 Transfers sind die oben angegebenen Informationen vollständig, und sie liegen in dem definierten Beobachtungszeitraum. Mit diesen werden die Einflüsse der fixen Effekte geschätzt. Bei 653 Transfers ist keine eindeutige Zuordnung zum genetischen Vater des Embryos möglich, da die Spenderkuh bei einer Superovulation mit zwei unterschiedlichen Bullen besamt wurde. Damit können 6533 Beobachtungen in den genetischen Analysen berücksichtigt werden (siehe Tabelle 14). Die 6533 Transfers wurden an 5487 unterschiedlichen Trägartieren durchgeführt.

Die Anzahl an auswertbaren Transfers ist geringer als man dies bei der Anzahl der Spülungen und den durchschnittlich gewonnenen tauglichen Embryonen erwarten würde. Dies hat vor allem zwei Gründe. Erstens konnten aufgrund der Datenstruktur die Transfers der Zuchtorganisation 2 nicht ausgewertet werden und zum anderen sind Embryonen verkauft worden, die damit für die Auswertungen der Transfers nicht weiter zur Verfügung standen, da keinerlei Informationen über die Empfängertiere vorhanden waren.

Tabelle 14: Beobachtungszahlen (absolut und in Prozent) der unterschiedlichen Analysen der Empfängertiere

	Anzahl	Prozent
Anzahl Transfers	11195	100,00
Eingrenzung des Beobachtungszeitraumes bzw. löschen unvollständiger Datensätze	-3875	-34,61
Analyse der Umwelteinflüsse	7320	65,39
nicht Rasse Dt. Holstein	-134	-1,20
nicht eindeutige Information über die Abstammung der Embryonen	-653	-5,83
genetische Analysen	6533	58,36

3.2.2 Verteilungen der Transfers auf die einzelnen Zuchtorganisationen

Die Zuchtorganisation 2 kann nicht berücksichtigt werden, da von dieser keine Informationen über die Qualitäts- und Entwicklungsstufe der Embryonen zur Verfügung stehen. Die Zuchtorganisation 1 liefert mit 5161 die meisten Transfers. 473 bzw. 1686 Beobachtungen sind von den Zuchtorganisationen 3 bzw. 4 auswertbar (siehe Abb. 14).

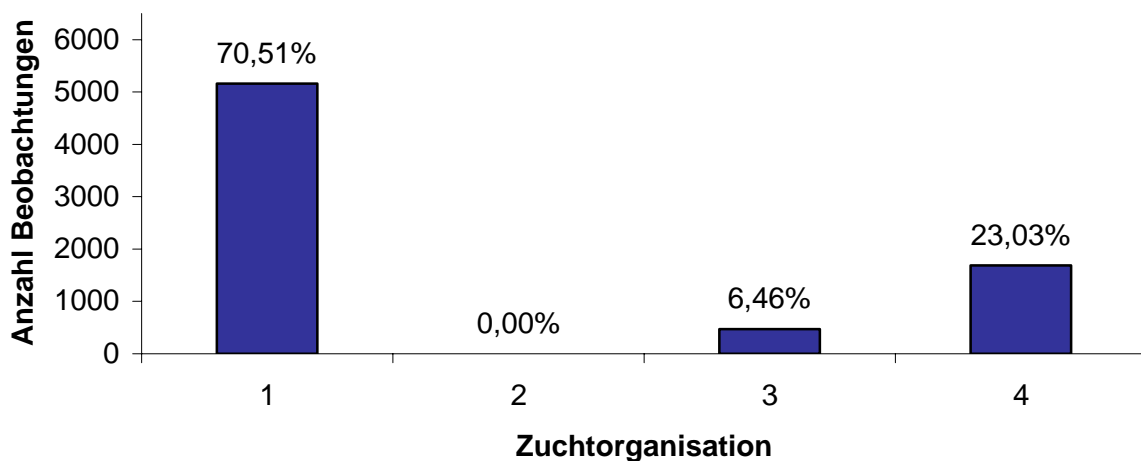


Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der Transfers pro Zuchtorganisation

3.2.3 Zusammensetzung und Verteilung der Transfers auf die einzelnen Saisonklassen

Die Einteilung der Saisonklassen erfolgte analog zu den Saisonklassen bei den Spendertieren. Die erste Saison geht von Dezember bis Februar. In dieser wurden 1724 Embryonen übertragen. Die zweite Saison geht von März bis Mai mit 2250 Übertragungen. Die dritte Saison geht von Juni bis August mit 1870 Transfers. Die vierte Saison geht von September bis November mit 1476 Transfers. Die Übertragungen sind damit relativ gleichmäßig verteilt (siehe Abb. 15).

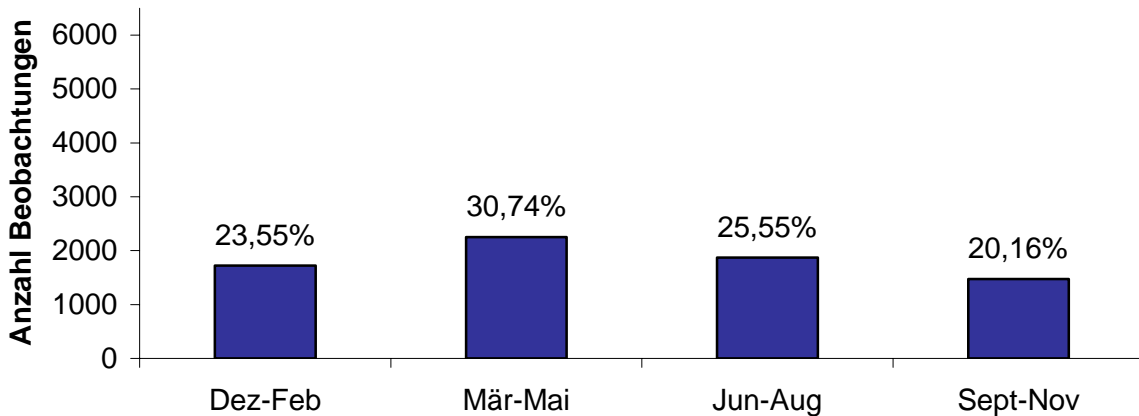


Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der Transfers pro Saisonklasse

3.2.4 Zusammensetzung und Verteilung unterschiedlicher Empfängertier-rassen

7186 (98,17 %) Empfängertiere sind Dt. Holstein Tiere. Nur 134 (1,83 %) der Empfängertiere gehören zu einer anderen Rasse (Braunvieh, Fleckvieh, Angler, Höhenvieh und Kreuzungen aus Fleischrind * Fleischrind, Fleischrind * Milchrind und Milchrind * Milchrind). Bei den weiteren genetischen Analysen werden nur Transfers berücksichtigt, bei denen sowohl die genetischen Eltern der Embryonen als auch die Rezipienten der Rasse Dt. Holstein sind.

3.2.5 Anzahl der Laktationen der Empfängertiere zum Zeitpunkt des Transfers

Mit 6291 sind die meisten Empfängertiere Rinder, die zuvor noch nicht gekalbt haben. Alle übrigen 1029 Tiere sind, unabhängig von der Zahl der vorherigen Kalbungen, in einer Klasse zusammengefasst.

3.2.6 Einteilung und Verteilung von Qualitäts- und Entwicklungsstufen der Embryonen

Die tauglichen Embryonen wurden in vier Qualitätsstufen nach IETS eingeteilt (Stringfellow und Seidel, 1998). Die beste Qualität haben dabei die Embryonen der Klasse 1. Diese kamen 3305mal vor. Je schlechter die Qualitätsstufe, desto seltener war deren Anzahl bei den Transfers. In absteigender Qualitätsstufe wurden 1615, 1305 und 1095 Embryonen transferiert. In Anlehnung an die Einteilung von Stringfellow und Seidel (1998) werden die Entwicklungsstadien in Morulae (3 + 4), frühe Blastozysten (5) und Blastozysten (6 + 7) zusammengefasst, da bei einigen Organisationen keine genaueren Informationen über die Entwicklungsstadien der Morulae und Blastozysten vorlagen. Dabei sind die meisten Embryonen mit 5094 Morulae. Frühe Blastozysten bzw. Blastozysten wurden 1223 bzw. 1003mal transferiert.

3.2.7 Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) der Embryonen zum Zeitpunkt der Übertragung

In den meisten Fällen wurden die Embryonen frisch übertragen. Bei tiefgefrorenen/aufgetauten Embryonen kann die Zuchtorganisation der Spülung eine andere sein als die Zuchtorganisation der Übertragung (siehe Abb. 16).

3.3 Rechenmodelle

Wie schon gezeigt wurde, sind die Spülergebnisse nicht normalverteilt. Um eine näherungsweise Normalverteilung der Daten zu erreichen, werden diese nach Box und Cox (1964) transformiert. Dahinter verbirgt sich eine Potenzfunktion vom Typ $y = x^\lambda$. Der Wert λ ist mittels Varianzanalyse so zu bestimmen, dass die Summe der quadrierten Restabweichungen möglichst minimiert wird (Sokal und Rohlf, 1981). Außer bei dem Merkmal der [%]-tauglichen wurden alle übrigen Merkmale der Embryonenproduktion nach diesem Verfahren transformiert.

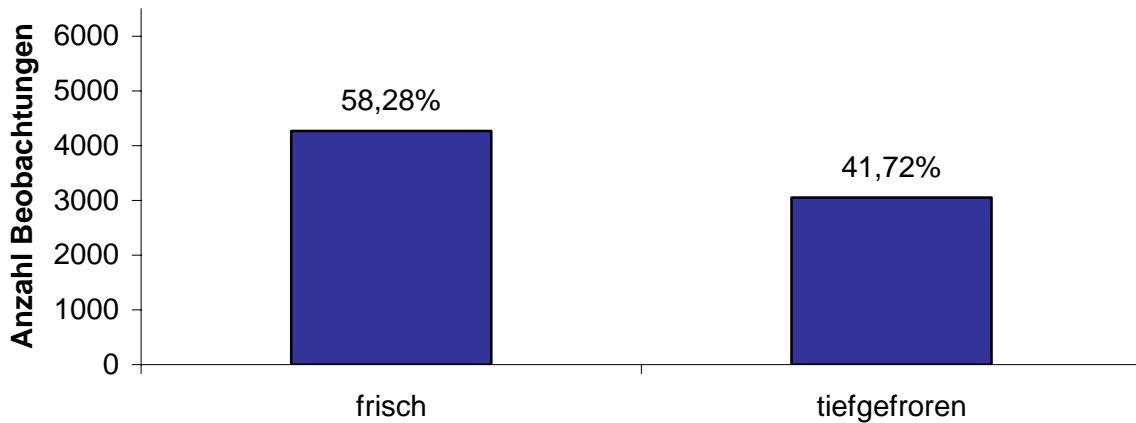


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung (absolut und in Prozent) der Spülungen der Transfers pro Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut)

3.3.1 Spendertiere

3.3.1.1 Analyse der Umwelteffekte und Milchleistungsmerkmale auf die Embryoproduktion

Getestet wurde die Signifikanz der Einflussfaktoren für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion mit der Prozedur MIXED aus dem Programmpaket SAS (SAS Institute Inc., Version 8.1, 2000). Diese Prozedur erlaubt es, mit Hilfe der Least-Squares-Methode eine Varianzanalyse an unbalancierten Datensätzen durchzuführen. Die Least-Squares-Mittelwerte sind die korrigierten Mittelwerte der einzelnen Einflussfaktoren der unbalancierten Datensätze. Die hierbei berücksichtigten Milchleistungsmerkmale stammen aus der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung (max. 40 Tage vor der Spülung). Um die Signifikanz der einzelnen Einflüsse zu testen, kommt folgendes Modell 1 zur Anwendung:

Modell 1:

$$y_{ijklmnopqr} = \mu + H_i + V_j + S_k + N_l + b(M) + L_m A_n + Fe_o + He_p + w_q + e_{ijklmnopqr}$$

$y_{ijklmnopqr}$ = phänotypischer Beobachtungswert der Embryonenproduktion

μ = Gesamtmittel

H_i = fixer Effekt des zur Superovulation verwendeten Hormons
(keine Information, PMSG, Folltropin-V[®], anderes FSH, PMSG+FSH)

V_j = fixer Effekt der Verbandes (1, 2, 3, 4)

S_k = fixer Effekt der Saison (Dez - Feb, Mär - Mai, Jun - Aug, Sep - Nov)

N_l = fixer Effekt der Laktationsnummer (0, 1, 2, 3, 4, 5, >5)

$b(M)$ = Kovariable Milchleistung

L_m = Laktationsstadium (0-149d, 150-249d, 250-349d, >349d)

A_n = Anzahl Spülungen innerhalb einer Laktation (1, 2, >2)

Fe_o = fixer Effekt des Fett-Eiweiß-Quotienten (<1,2; ≥1,2)

He_p = fixer Effekt des Harnstoff-Eiweiß-Verhältnisses
(Eiweiß: 3,2 %; ≥3,2 %; Harnstoff: <150ppm, 150-300ppm, >300ppm)

w_q = zufälliger Effekt der Spenderkuh q

$e_{ijklmnopqr}$ = zufälliger Restfehler

Der Einfluss der Laktationsnummer wird am „Datensatz ohne Milchleistungs-
informationen“ geschätzt. Dadurch können auch Rinder erfasst werden, die zum
Zeitpunkt der Spülung noch nicht gekalbt haben, womit keine Milchleistungsinforma-
tionen für diese Tiere vorliegen. Für die Merkmale degenerierte Embryonen und un-
befruchtete Eizellen ist die Beobachtungszahl, wie schon erwähnt, etwas geringer,
da die Art und die Anzahl der untauglichen Eizellen nicht immer getrennt aufgeführt
wurde.

3.3.1.2 Genetische Einflüsse für die Embryonenproduktionsmerkmale

Die genetische Analyse wird mit der REML-Methode mit dem Programmpaket VCE,
Version 4.2.5 (Groenfeld, 1998) geschätzt. Da die Zahl der gespülten Eizellen eine

Eigenleistung der Spenderkuh darstellt, werden die Varianzkomponenten für dieses Merkmal nur für die Spenderkuh ohne den Einfluss des Spenderbullen geschätzt:

Modell 2:

$$y_{ijklmn} = \mu + H_i + V_j + S_k + N_l + sp_m + pe_m + e_{ijklmn}$$

y_{ijklmn} = phänotypischer Beobachtungswert der Embryonenproduktion

μ = Gesamtmittel

H_i = fixer Effekt des zur Superovulation verwendeten Hormons
(keine Information, PMSG, Folotropin- $V^{\text{®}}$, anderes FSH, PMSG+FSH)

V_j = fixer Effekt der Verbandes (1, 2, 3, 4)

S_k = fixer Effekt der Saison (Dez - Feb, Mär - Mai, Jun - Aug, Sep - Nov)

N_l = fixer Effekt der Laktationsnummer (0, 1, 2, 3, 4, 5, >5)

sp_m = zufälliger Effekt der Spenderkuh m

pe_m = zufälliger permanenter Umwelteffekt der Spenderkuh m

e_{ijklmn} = zufälliger Restfehler

Für die Merkmale taugliche und degenerierte Embryonen, sowie für das Merkmal unbefruchtete Eizellen werden mit dem gleichen Programm die Varianzkomponenten für beide Anpaarungspartner (Donor und Besamungsbulle) geschätzt. Bei den einzelnen Analysen wurden sowohl die Donorkuh als auch der Anpaarungsbulle unter Berücksichtigung ihres Pedigrees in das Modell integriert. Diese Vorgehensweise erlaubt die Schätzung von genetischen Korrelationen zwischen der maternalen und paternalen Seite für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion.

Modell 3:

$$y_{ijklmno} = \mu + H_i + V_j + S_k + N_l + sp_m + pe_m + ap_n + e_{ijklmno}$$

y_{ijklmn} = phänotypischer Beobachtungswert der Embryonenproduktion

μ = Gesamtmittel

H_i = fixer Effekt des zur Superovulation verwendeten Hormons
(keine Information, PMSG, Folltropin-V[®], anderes FSH, PMSG+FSH)

V_j = fixer Effekt der Verbandes (1, 2, 3, 4)

S_k = fixer Effekt der Saison (Dez - Feb, Mär - Mai, Jun - Aug, Sep - Nov)

N_l = fixer Effekt der Laktationsnummer (0, 1, 2, 3, 4, 5, >5)

sp_m = zufälliger Effekt der Spenderkuh m

pe_m = zufälliger permanenter Umwelteffekt der Spenderkuh m

ap_n = zufälliger Effekt des Besamungsbullen n

$e_{ijklmno}$ = zufälliger Restfehler

Des Weiteren wurden die genetischen und phänotypischen Korrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen der Embryonenproduktion in bivariaten Rechenläufen geschätzt. Für die phänotypischen Korrelationen geschah dies mit der Prozedur CORR aus dem Programmpaket SAS (SAS Institute Inc., Version 8.1, 2000). Die genetischen Korrelationen wurden mittels der REML-Methode mit dem Programmpaket VCE, Version 4.2.5 (Groenfeld, 1998) geschätzt. Dabei wurden für die Merkmale der Embryonenproduktion dieselben Effekte berücksichtigt, wie sie in den Modellen 2 und 3 beschrieben wurden. Anschließend wurden die genetischen Korrelationen zwischen den Produktionsmerkmalen aus der ersten Laktation (Laktationsleistung) und den Merkmalen der Embryonenproduktion geschätzt. Die Hochrechnung der vorliegenden Testtagsergebnisse für das Merkmal Milchmenge in 305 Tage Laktationsleistungen erfolgte nach den offiziellen Richtlinien der ADR (2004). Es wurden nur Kühe berücksichtigt, die mindestens fünf Testtage in der ersten Laktation hatten.

Die Laktationsleistung berechnet sich wie folgt:

$$L_{305} = PM_1 \times \left[(d_1) + \frac{(d_2 - d_1)}{2} \right] + PM_2 \times \left[\frac{(d_2 - d_1)}{2} + \frac{(d_3 - d_2)}{2} \right] + \dots + PM_i \times \left[\frac{(d_i - d_{i-1})}{2} + (d_{305} + d_i) \right]$$

L_{305} = 305 Tageleistung

PM_i = i-tes Probegemelk

d_i = Laktationstag des i-ten Probegemelk

Für die Milchinhaltsstoffe der ersten Laktation (Fett- und Eiweißgehalte) wurde ein arithmetisches Mittel berechnet, während für das Merkmal somatische Zellen das geometrische Mittel aus den einzelnen Testtagen genutzt wurde. Um eine Normalverteilung der Zellzahlen zu erhalten, werden diese schließlich nach folgender Formel in den so genannten Linear Somatic Cell Score (SCS) transformiert (Ali und Shook, 1980):

Transformation der somatischen Zellen in der Milch:

$$SCS = \log_2(\text{Zellzahl} / 100.000) + 3$$

SCS = transformierter Wert des Linearen Somatic Cell Score (SCS)

Zellzahl = Somatischer Zellgehalt pro ml Probegemelk

Tabelle 15 gibt Auskunft über die den berechneten SCS äquivalenten Zellgehalt/ml.

Tabelle 15: Zellgehalte/ml und zugehöriger SCS

Zellgehalt/ml	SCS
25.000	1
50.000	2
100.000	3
200.000	4
400.000	5
800.000	6
1.600.000	7
3.200.000	8
6.400.000	9

Somatic cell score (SCS) = logarithmierte geometrische Mittel der somatischen Zellen in der Milch

3.3.1.3 Direkter und indirekter Selektionserfolg für die Merkmale der Embryonenproduktion

Die Ergebnisse der Schätzung der genetischen Parameter für die Merkmale der Embryonenproduktion wurden verwendet, um den direkten und indirekten Selektionserfolg für diese Merkmale zu quantifizieren. Indirekter Selektionserfolg meint den Zuchtfortschritt für die Merkmale der Embryonenproduktion, wenn auf die Milchleistungsmerkmale selektiert wird (Kräußlich, 1994). Die direkten Selektionserfolge für die Merkmale der Embryonenproduktion und die Milchleistungsmerkmale sowie der indirekte Selektionserfolg für die Merkmale Embryonenproduktion berechnen sich wie folgt:

1. Für den direkten Selektionserfolg der Merkmale der Embryonenproduktion:

$$\Delta G_{EP} = i * h_{EP} * \sigma_{AEP}$$

wobei:

ΔG_{EP} = direkter Selektionserfolg für die Embryonenproduktion

i = Selektionsintensität

h_{EP} = Genauigkeit der Zuchtwertschätzung = $\sqrt{h^2_{EP}}$

σ_{AEP} = additiv genetische Standardabweichung = $\sqrt{\sigma^2_{AEP}}$

2. Für den direkten Selektionserfolg der Milchleistungsmerkmale:

$$\Delta G_{ML} = i * h_{ML} * \sigma_{AML}$$

ΔG_{ML} = direkter Selektionserfolg für die Milchleistungsmerkmale

i = Selektionsintensität

h_{ML} = Genauigkeit der Zuchtwertschätzung = $\sqrt{h^2_{ML}}$

σ_{AML} = additiv genetische Standardabweichung = $\sqrt{\sigma^2_{AML}}$

3. Für den indirekten Selektionserfolg der Merkmale der Embryonenproduktion bei Selektion auf die unterschiedlichen Milchleistungsmerkmale:

$$\Delta G_{EP,ML} = i * r_{gEP,ML} * h_{ML} * \sigma_{AEP}$$

wobei:

$\Delta G_{EP,ML}$ = indirekter Selektionserfolg für die unterschiedlichen Merkmale der Embryonenproduktion bei Selektion auf Milchleistungsmerkmale

i = Selektionsintensität

$r_{gEP,ML}$ = genetische Korrelation zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion und den einzelnen Milchleistungsmerkmalen

h_{ML} = Genauigkeit der Zuchtwertschätzung = $\sqrt{h^2_{ML}}$

σ_{AEP} = additiv genetische Standardabweichung = $\sqrt{\sigma^2_{AEP}}$

Setzt man die Formeln 3 und 1 nun ins Verhältnis und nimmt weiterhin für beide eine gleiche Selektionsintensität von 1 an, so ergibt sich Folgendes:

$$\frac{\Delta G_{EP,ML}}{\Delta G_{ML}} = \frac{i * r_{gEP,ML} * h_{ML} * \sigma_{AEP}}{i * h_{ML} * \sigma_{AML}} = \frac{r_{gEP,ML} * \sigma_{AEP}}{\sigma_{AML}}$$

3.3.2 Empfängertiere

Die Einflüsse der fixen Effekte werden am Datensatz mit unterschiedlichen Rassen und unabhängig von den Informationen über die Abstammung der Empfängertiere geschätzt.

3.3.2.1 Analyse der Umwelteffekte auf die Kalbewahrscheinlichkeit des Empfängertieres nach Embryotransfer

Als Merkmal wurde eine Kalbung innerhalb einer plausiblen Trächtigkeitsdauer definiert. Dabei handelt es sich um ein binomial verteiltes Merkmal. Die Analyse der fixen Effekte wurde mit der Prozedur GLIMMIX aus dem Programmpaket SAS (SAS Institute Inc., Version 8.1 2000) mittels eines Schwellenwertmodells durchgeführt. Um die Signifikanz der fixen Effekte zu testen, wurde folgendes Modell angewandt:

Modell 4:

$$PR(Y_{ijklmnop}) = \theta (\mu + V_i + S_j + L_k + R_l + Z_m + Q_n + En_o + w_p)$$

$PR(Y_{ijklmnop})$ = Eintrittswahrscheinlichkeit für die Kalbung nach Embryotransfer

θ = Probit Link Funktion

μ = Gesamtmittel

V_i = übertragende Zuchtorganisation ($i = 1, 3, 4$)

S_j = Transfersaison ($j = \text{Dez} - \text{Feb}, \text{Mär} - \text{Mai}, \text{Jun} - \text{Aug}, \text{Sep} - \text{Nov}$)

L_k = Anzahl Kalbungen vor dem Transfer ($k = 0$, oder $k \Rightarrow 0$)

R_l = Rasse des Empfängertieres

($l = \text{Dt. Holstein}$ oder $l = \text{andere Rasse}$)

Z_m = frischer oder tiefgefrorener/aufgetauter Embryo

($m = \text{frisch}$ oder $m = \text{tiefgefroren/aufgetaut}$)

Q_n = Qualitätsstufe der Embryonen nach IETS ($n = 1, 2, 3, 4$)

En_o = Entwicklungsstufe der Embryonen in Anlehnung an IETS

($o = 4, 5, 6$)

w_p = zufälliger permanenter Umwelteffekt des Empfängertieres p

3.3.2.2 Varianzkomponentenschätzung für das Merkmal Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer

Für die genetischen Analysen der Empfängertiere wurden, ebenso wie bei den Spendertieren, nur die Tiere der Rasse Dt. Holstein berücksichtigt, bei denen zusätzlich die Pedigreeinformationen zur Verfügung standen. Dabei wurden die Varianzkomponenten mittels eines Schwellenwertmodells nach der REML Methode mit dem Programmpaket ASReml (Gilmour et al., 2002) im Tiermodell geschätzt. In das Modell sind neben den fixen Effekten der übertragenden Zuchtorganisation, der Transfersaison, die Anzahl der Kalbungen des Empfängers vor dem Transfer, der Zustand der Embryonen (frisch bzw. tiefgefroren/aufgetaut), der Qualitäts- und Entwicklungsstufe der Embryonen und der permanenten Umwelt des Empfängers auch die gene-

tischen Eltern des Embryos eingegangen.

Sowohl bei den genetischen Eltern der Embryonen, als auch bei den Vorfahren der Empfängertiere sind die Pedigreeinformationen mit ihren Basiseltern bis 1940 als Abstammungsinformation berücksichtigt. Damit gelingt es, die wechselseitigen genetischen Beziehungen zwischen den genetischen Eltern und den Embryonen sowie gleichzeitig zwischen den Embryonen und den Empfängertieren im synergistischen Modell abzubilden.

Modell 5:

$$PR(Y_{ijklmnopq}) = \theta (\mu + V_i + S_j + L_k + Z_l + Q_m + En_n + ze_o + pe_o + bu_p + do_q)$$

$PR(Y_{ijklmnopq})$ = Eintrittswahrscheinlichkeit für die Kalbung nach Embryotransfer

θ = Probit Link Funktion

μ = Gesamtmittel

V_i = übertragende Zuchtorganisation ($i = 1, 3, 4$)

S_j = Transfersaison ($j = \text{Dez-Feb, Mär-Mai, Jun-Aug, Sep-Nov}$)

L_k = Anzahl Kalbungen vor dem Transfer ($k=0$ oder $k > 0$)

Z_l = frischer oder tiefgefrorener/aufgetauter Embryo
(l = frisch oder l = tiefgefroren/aufgetaut)

Q_m = Qualitätsstufe der Embryonen nach IETS ($m = 1, 2, 3, 4$)

En_n = Entwicklungsstufe der Embryonen in Anlehnung an IETS ($n = 4, 5, 6$)

ze_o = zufälliger genetischer Effekt des Empfängertieres o

pe_o = permanente Umwelt des Empfängertieres o

bu_p = zufälliger Effekt des genetischen Vaters des Embryos

do_q = zufälliger Effekt der genetischen Mutter des Embryos

Der Korrekturfaktor im Probit Link Modell impliziert die Restvarianz (σ_e^2) = 1 zu setzen (Heringstad et al., 2003). Das oben beschriebene Modell 5 kann verwendet werden, um die genetischen Korrelationen für das Merkmal Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer zwischen den am Embryotransfer beteiligten genetischen Gruppen (Donor, Anpaarungsbulle und Rezipient) zu schätzen.

4 Ergebnisse

4.1 Spendertiere

4.1.1 Einfluss der fixen Effekte auf die Embryonenproduktionsmerkmale

Die Signifikanz der fixen Effekte wurde anhand der Box Cox transformierten Werte ermittelt. In den folgenden Grafiken wurden zur besseren Anschaulichkeit die LSQ-Mittelwerte und deren Standardfehler der untransformierten Werte dargestellt. Zunächst wurden die Signifikanzen der Umweltfaktoren Hormon, Verband, Spülsaison und Laktationsnummer mit Hilfe des F-Tests getestet. In Tabelle 16 sind die fixen Effekte Superovulationshormon, Verband, Saison und Laktationsnummer abgebildet.

Tabelle 16: Signifikanzen der fixen Effekte auf die Merkmale der Embryonenproduktion

Merkmals	Hormon	Verband	Saison	Laktationsnummer
gespülte	***	***	n. s.	n. s.
taugliche	***	***	n. s.	***
degenerierte	**	***	n. s.	n. s.
unbefruchtete	***	***	***	***
[%]-taugliche	**	**	n. s.	***

Signifikanzschwellen:*** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n. s. $p > 0,05$

4.1.1.1 Analysen über das zur Superovulation verwendete Hormon

Die besten Ergebnisse (siehe Abb. 17) für alle Merkmale der Embryonenproduktion lieferte Folltropin®-V mit 10,00 gespülten Eizellen/Embryonen und 5,23 tauglichen Embryonen. Die wenigsten gespülten Eizellen/Embryonen konnten mit 7,69 und die tauglichen Embryonen mit 3,94 gewonnen werden, wenn PMSG alleine zum Einsatz kam. Die Befruchtungsrate war mit 55 % (siehe Tabelle 18) genauso hoch wie bei

den Folltropin-V[®] Spülungen. Andere FSH Präparate und auch das PMSG+FSH Programm lieferten vergleichbar gute Ergebnisse. Diese lagen im Mittel mit 9,24 und 4,65 für die Gruppe der anderen FSH Präparate und 8,99 und 4,57 für das PMSG + FSH Programm zwischen den Folltropin[®]-V und den PMSG Spülungen. Die Befruchtungsrate war bei beiden Gruppen 53 % (siehe Tabelle 18). Signifikant bessere Befruchtungsraten brachte die Gruppe mit 57 % (siehe Tabelle 18) hervor, bei der keine Information über das verwendete Hormon zur Verfügung stand.

Ein vergleichbares Bild ergab sich für die Zahl der degenerierten Embryonen und die Zahl der unbefruchteten Eizellen. Die Folltropin[®]-V Spülungen brachten durchschnittlich 0,83 degenerierte Embryonen und 3,65 unbefruchtete Eizellen hervor. Aus Spülungen mit PMSG lag die Zahl der degenerierten Embryonen bei 0,62 und die Zahl der unbefruchteten Eizellen bei 2,20. Beim Einsatz der anderen FSH Präparate bzw. der PMSG + FSH Kombination lagen die LSQ-Mittelwerte für die degenerierten Embryonen bei 0,73 bzw. 0,52. Für die Anzahl der unbefruchteten waren dies 2,91 bzw. 3,45. Eine Übersicht über die Befruchtungsraten für die einzelnen fixen Effekte ist in Tabelle 18 dargestellt.

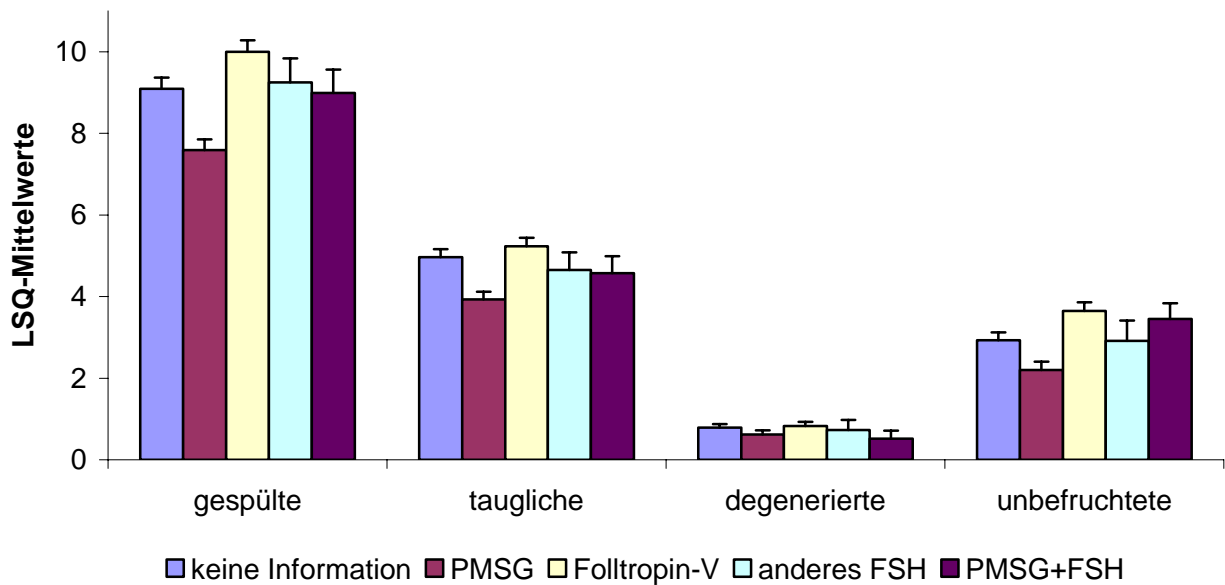


Abbildung 17: LSQ-Mittelwerte mit Standardabweichung für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion bei Verwendung unterschiedlicher Hormone

4.1.1.2 Analysen über den die Spülung ausführenden Zuchtverband

Die Verbände haben einen hochsignifikanten Einfluss auf alle Merkmale der Embryonenproduktion. Vor allem die Zuchtorganisation 4 gewann mit 10,74 bzw. 5,49 deutlich mehr Eizellen/Embryonen bzw. taugliche Embryonen als die anderen drei Verbände (siehe Abb. 18). Durchschnittlich waren 57 % (siehe Tabelle 18) der gespülten Eizellen/Embryonen tauglich. Zuchtorganisation 1 spülte 9,01 Eizellen/Embryonen bzw. 4,88 taugliche Embryonen. Dabei beträgt die Befruchtungsrate 54 %. Bei Verband 2 und 3 waren dies jeweils 9,01 bzw. 8,34 für die gespülten Eizellen/Embryonen und 4,58 bzw. 3,72 für die Anzahl tauglicher Embryonen. Dies entspricht einer Befruchtungsrate von 59 % und 49 % (siehe Tabelle 18). Bei der Zahl der gespülten Eizellen/Embryonen unterschieden sich die ersten drei Verbände nicht signifikant voneinander. Die Zuchtorganisationen 1 und 4 spülten allerdings signifikant mehr taugliche Embryonen als der 3. Verband.

Auch wenn bei der Zuchtorganisation 4 die Zahl der degenerierten Embryonen und

unbefruchteten Eizellen mit 0,33 und 5,09 insgesamt am höchsten war, so blieben doch die meisten transfertauglichen übrig. Die Werte für die degenerierten Embryonen betrugen bei den Zuchtorganisationen 1, 2 und 3 0,89, 1,30 und 0,28. Für das Merkmal „unbefruchtete Eizellen“ waren es 3,17, 2,25 und 1,60 (siehe Abb. 18).

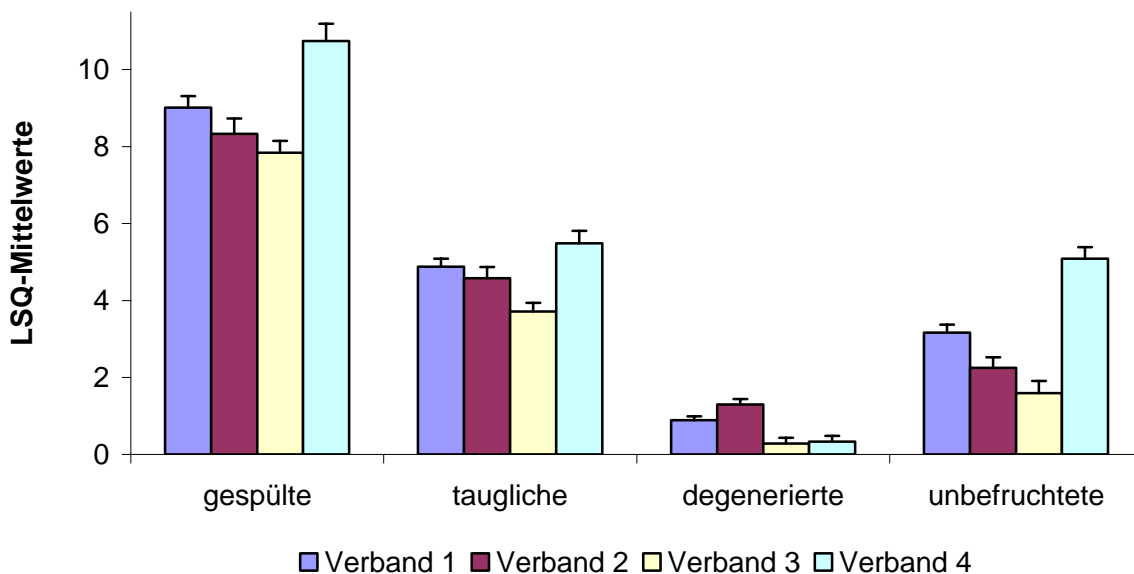


Abbildung 18: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion für die einzelnen Verbände

4.1.1.3 Analysen über die Spülsaison

Lediglich bei der Zahl der unbefruchteten Eizellen war der Einfluss der Saison signifikant. Dabei war in der Zeit von September bis November die Zahl der unbefruchteten Eizellen mit 3,66 am höchsten (siehe Abb. 19). Wenn auch kein signifikanter Unterschied bei der Befruchtungsrate im jahreszeitlichen Verlauf besteht, so ist in diesem Quartal die Befruchtungsrate mit 53 % am niedrigsten und in der Zeit von März bis Mai mit 56 % am höchsten. In dieser Zeit wurden die wenigsten unbefruchteten Eizellen mit durchschnittlich 2,66 gespült. Für die Merkmale gespülte Eizellen/Embryonen, taugliche Embryonen und degenerierte Embryonen waren keine signifikanten saisonalen Einflüsse erkennbar.

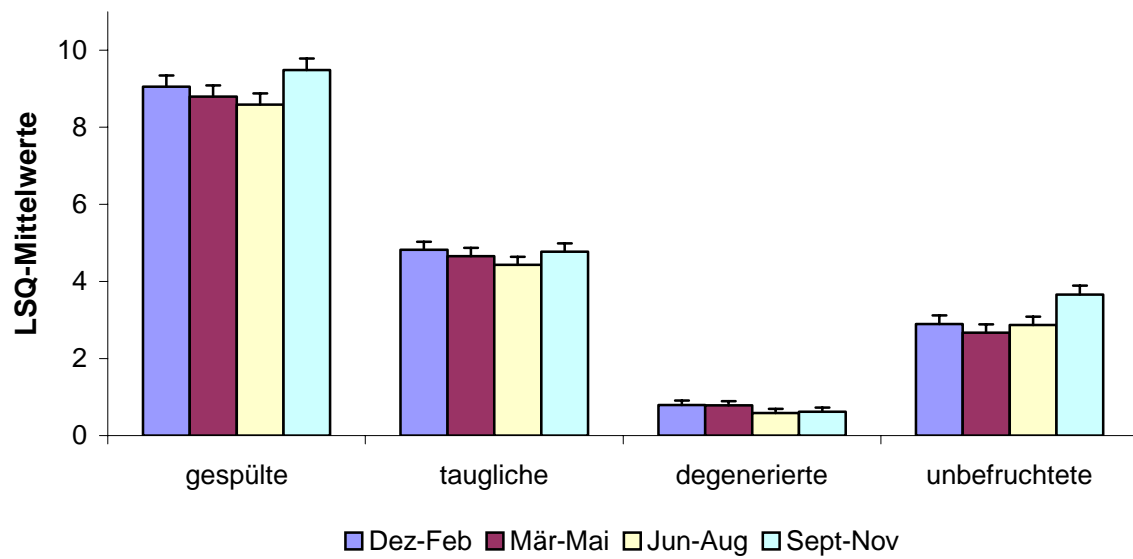


Abbildung 19: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion im jahreszeitlichen Verlauf

4.1.1.4 Analysen über die Laktationsnummer der Spenderkuh

Wie die Tabelle 17 zeigt, sind die besten Ergebnisse mit 9,75 gespülten Eizellen/Embryonen und 5,27 tauglichen Embryonen in der dritten Laktation realisiert worden. Anschließend nahm die Zahl der tauglichen deutlich ab. Ab der dritten Laktation wurden nicht nur kontinuierlich weniger Eizellen/Embryonen gespült, auch die Zahl der unbefruchteten über alle Laktationsnummern nimmt kontinuierlich zu. Die Befruchtungsrate steigt von der Kalbin zur ersten Laktation von 62 % auf 64 % an (siehe Tabelle 18), um ab dann kontinuierlich abzufallen. Die weiteren Kennzahlen sind in Tabelle 17 aufgeführt.

Tabelle 17: LSQ-Mittelwerte für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion in Abhängigkeit der Laktationsnummer

Laktationsnummer	gespülte Eizellen/Embryonen	taugliche Embryonen	degenerierte Embryonen	unbefruchtete Eizellen	[%]-taugliche Embryonen
0	8,03 ± 0,42	4,84 ± 0,30	0,47 ± 0,17	1,71 ± 0,35	61,78 ± 2,31
1	8,22 ± 0,30	4,95 ± 0,21	0,51 ± 0,11	2,13 ± 0,22	64,30 ± 1,62
2	9,00 ± 0,34	4,83 ± 0,25	0,62 ± 0,13	2,82 ± 0,25	57,17 ± 1,85
3	9,75 ± 0,38	5,27 ± 0,28	0,68 ± 0,14	3,39 ± 0,28	55,33 ± 2,09
4	9,57 ± 0,44	4,48 ± 0,32	1,04 ± 0,16	3,37 ± 0,32	49,61 ± 2,42
5	9,56 ± 0,55	4,52 ± 0,40	0,68 ± 0,20	3,77 ± 0,41	49,98 ± 3,00
>5	8,85 ± 0,50	3,80 ± 0,36	0,89 ± 0,18	4,01 ± 0,37	45,61 ± 2,79

Tabelle 18: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler des Merkmals [%]-taugliche Embryonen für die unterschiedlichen fixen Effekte

Fixer Effekt	Gruppe	[%]-taugliche Embryonen
Hormon	keine Information	57,61 \pm 1,52
	PMSG	54,80 \pm 1,44
	Folltropin [®] -V	54,85 \pm 1,56
	anderes FSH	53,42 \pm 3,29
	FSH+PMSG	53,42 \pm 3,21
Verband	1	54,15 \pm 1,63
	2	58,57 \pm 2,20
	3	49,26 \pm 1,73
	4	57,32 \pm 2,39
Saison	Dezember - Februar	54,92 \pm 1,63
	März - Mai	56,19 \pm 1,61
	Juni - August	54,93 \pm 1,62
	September - November	53,26 \pm 1,67
Laktationsnummer	0	61,78 \pm 3,21
	1	64,30 \pm 2,31
	2	57,17 \pm 1,85
	3	55,33 \pm 2,09
	4	49,61 \pm 2,42
	5	49,98 \pm 3,00
	>5	45,61 \pm 2,79

4.1.2 Analysen zu den Milchleistungsmerkmalen der Spender aus der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung

Die Milchleistung und das Laktationsstadium waren Merkmale der routinemäßig durchgeführten Milchleistungsprüfung. Es wurden nur Spülungen berücksichtigt, bei denen der Abstand zwischen der letzten Milchleistungskontrolle und der Spülung maximal 40 Tage betrug. Der Fett-Eiweiß-Quotient und das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis wurden aus den gelieferten Daten berechnet. Die Anzahl der Spülungen innerhalb einer Laktation wurden ebenfalls aus dem zur Verfügung stehenden Datenmaterial abgeleitet.

In Tabelle 19 sind die Signifikanzen der unterschiedlichen Milchleistungseinflüsse wie Milchmenge, Laktationsstadium, Spülungen pro Laktation Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis und Fett-Eiweiß-Verhältnis abgebildet. Die Milchmenge beeinflusst die Anzahl der gespülten Eizellen/Embryonen und der unbefruchteten Eizellen signifikant. Auch das Laktationsstadium hat auf alle Merkmale der Embryonenproduktion einen signifikanten Einfluss. Die Anzahl der Spülungen innerhalb einer Laktation hatte keinen signifikanten Einfluss auf die untersuchten Merkmale der Embryonenproduktion, ebenso wie das Fett-Eiweiß-Verhältnis. Das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis hatte nur bei dem Merkmal taugliche Embryonen einen signifikanten Einfluss.

Tabelle 19: Signifikanzen der Milchleistungsinformation für die Merkmale der Embryonenproduktion

Merkmal	Milchmenge	Laktationsstadium	Spülungen pro Laktation	Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis	Fett-Eiweiß-Verhältnis
gespülte	*	***	n. s.	n. s.	n. s.
taugliche	n. s.	***	n. s.	*	n. s.
degenerierte	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.
unbefruchtete	**	*	n. s.	n. s.	n. s.
[%]-taugliche	n. s.	**	n. s.	n. s.	n. s.

Signifikanzschwellen: *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n. s. $p > 0,05$

4.1.2.1 Die Milchleistung zum Zeitpunkt bei der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung

Die Milchleistung wurde in Abhängigkeit der jeweiligen Laktationsnummer untersucht, in der sich die Spenderkuh zum Zeitpunkt der Spülung befand. Die Milchleistung zum Zeitpunkt der Spülung hatte für die Merkmale der tauglichen, [%]-tauglichen und degenerierten Embryonen keinen signifikanten Einfluss. Wohl aber für die gespülten Eizellen/Embryonen (Abb. 20) und die unbefruchteten Eizellen (Abb. 21).

Die Anzahl an gewonnen Eizellen/Embryonen sank dabei signifikant kontinuierlich mit steigender Milchleistung über alle Laktationen ab, ebenso wie bei den unbefruchteten Eizellen (Abb. 21).

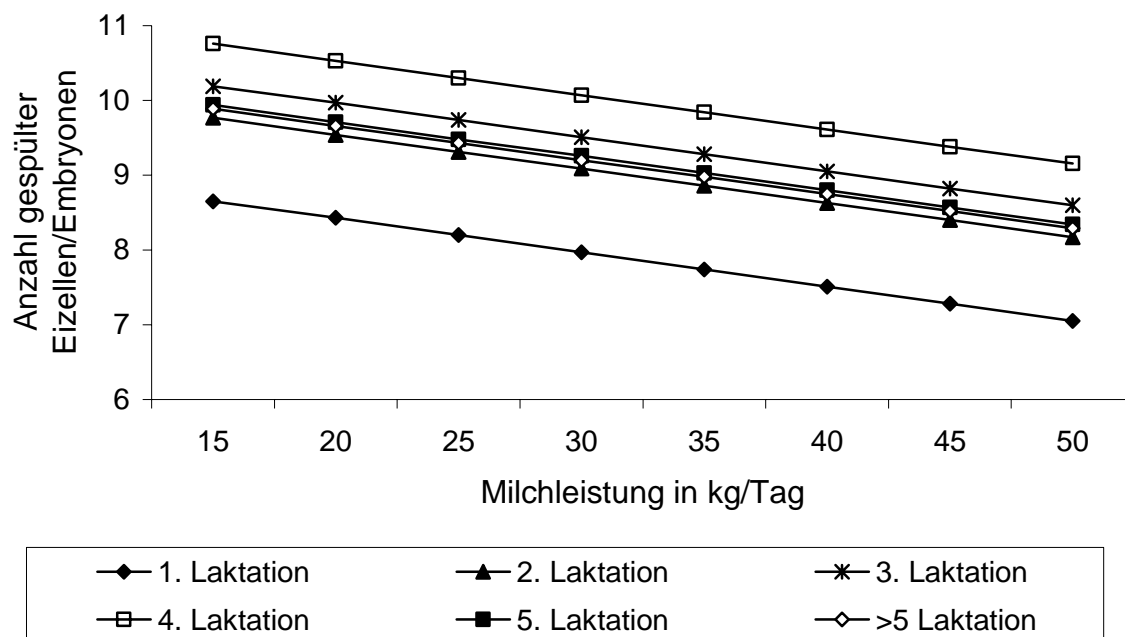


Abbildung 20: Anzahl gespülter Eizellen/Embryonen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer

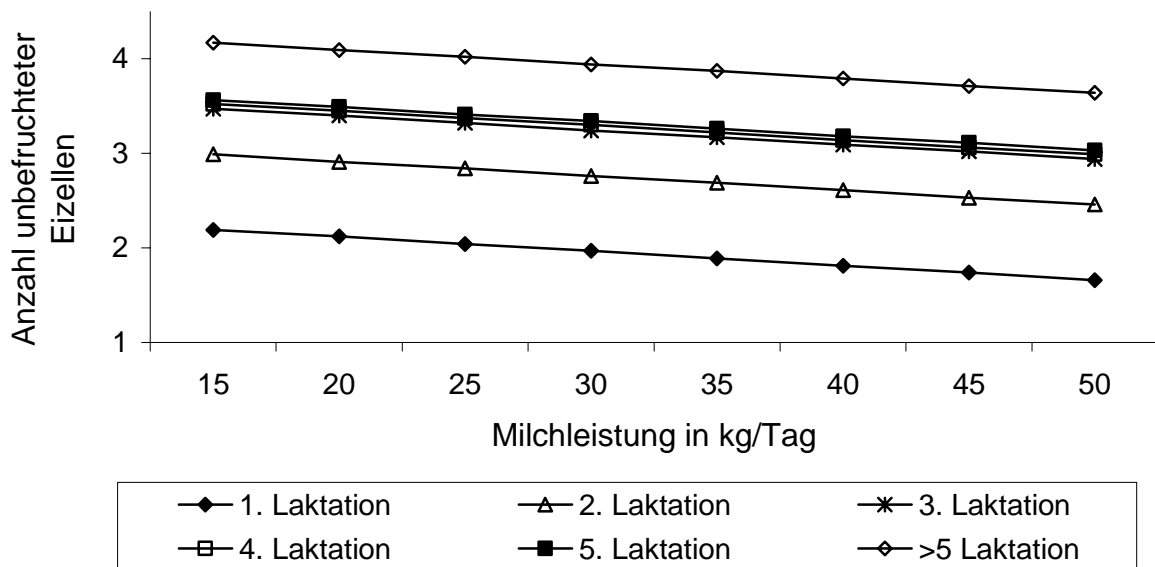


Abbildung 21: Anzahl unbefruchtete Eizellen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer

Zwar sanken die Zahlen der degenerierten Embryonen (siehe Anhang - Abb. 29) und unbefruchteten Eizellen (siehe Abb. 21) mit steigender Milchleistung, allerdings nahm die Zahl der gespülten Eizellen/Embryonen in einem stärkeren Maße bei steigender Milchleistung ab. Der Einfluss der Milchleistung war für das Merkmal taugliche Embryonen nicht signifikant. Dennoch lässt sich eine klare Tendenz zwischen steigender Milchleistung und abnehmender Anzahl tauglicher Embryonen erkennen (siehe Anhang - Abb. 28).

4.1.2.2 Das Laktationsstadium zum Zeitpunkt der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung

In Tabelle 20 sind die Spülergebnisse für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion in Abhängigkeit der unterschiedlichen Laktationsstadien abgebildet. Die meisten Eizellen/Embryonen werden im ersten Laktationsstadium gewonnen. Bei der Anzahl der tauglichen Embryonen unterscheidet sich nur das letzte Laktationsstadium mit 3,47 signifikant von den übrigen drei mit 5,50, 5,05 und 5,25 in den Laktationsstadien 1, 2 und 3. Die Zahl der degenerierten Embryonen ist in dem ersten Lak-

tationsstadium mit 0,80 signifikant höher als in den übrigen drei mit 0,51, 0,41 und 0,48. Die Zahl der unbefruchteten Eizellen ist ebenfalls zu Beginn der Laktation am höchsten (3,43), sank dann während der Laktation mit 2,81 und 2,64 im zweiten und dritten Laktationsstadium ab, um zum Ende der Laktation mit 3,15 wieder anzusteigen. Die höchste Befruchtungsrate wurde zwischen dem 250. und 349. Tag mit 61 % erreicht. Ab dann war die Befruchtungsrate mit 51 % deutlich geringer. Die Befruchtungsrate im ersten Laktationsabschnitt lag bei 56 % und im zweiten bei 58 %.

Tabelle 20: Merkmale der Embryonenproduktion in Abhängigkeit der einzelnen Laktationsstadien

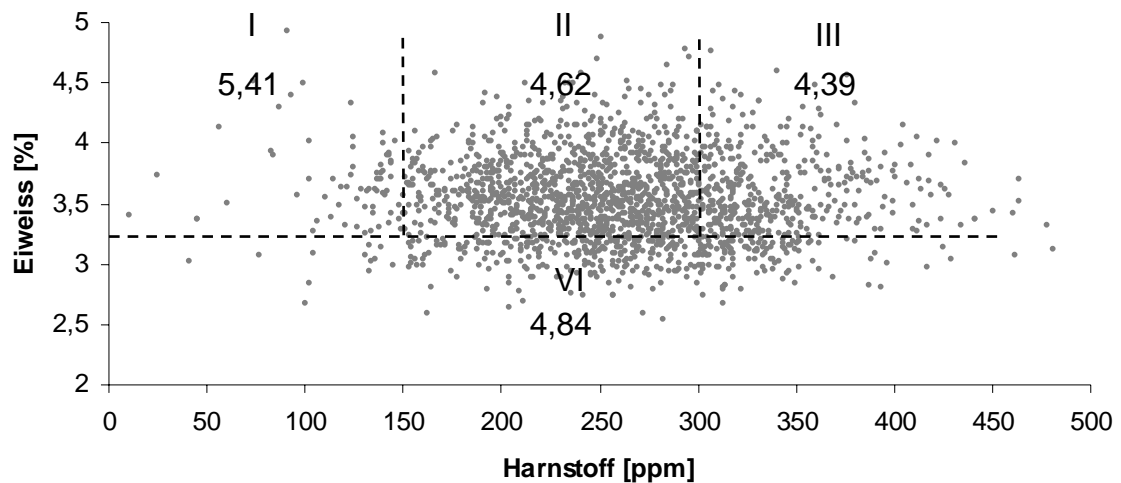
Laktations- stadium in Tagen	gespülte Eizellen/ Embryonen	taugliche Embryonen	degenerierte Embryonen	unbefruchtete Eizellen	[%]- taugliche Embryonen
0-149	10,13	5,50	0,80	3,43	56 %
150-249	8,93	5,05	0,51	2,81	58 %
250-349	8,88	5,25	0,41	2,64	61 %
>349	7,62	3,47	0,48	3,15	51 %

4.1.2.3 Das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis der Milch bei der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung

Das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis hatte im F-Test nur für das Merkmal taugliche Embryonen einen signifikanten Einfluss. Ein tendenzieller Einfluss ($p < 0,07$) war für das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen festzustellen. Auf die Merkmale der degenerierten Embryonen und unbefruchteten Eizellen hatte das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis keinen signifikanten Einfluss.

In dem Feld I (Abb. 22), in dem die Spenderkühe mit einem relativen Energieüberschuss waren, wurden mit 5,41 die meisten tauglichen Embryonen gewonnen. In dem Feld II, das eine optimale Energie- und Eiweißversorgung repräsentierte, wur-

den 4,62 taugliche Embryonen gewonnen. Tiere mit einem relativen Proteinüberschuss lieferten durchschnittlich mit 4,39 (Feld III) die wenigsten tauglichen Embryonen. Tiere mit einem Proteingehalt von unter 3,2 Prozent (Feld IV) lieferten im Schnitt 4,84 taugliche Embryonen. Analog zu Abbildung 22 wurden die Werte für die übrigen Merkmale der Embryonenproduktion in Tabelle 21 zusammengefasst.



Die gestrichelte Linie zeigt die Einteilung der einzelnen Felder. Eiweiß bei 3,2 % Harnstoff bei 150 und 300 ppm; jeder Punkt in der Punktwolke entspricht einem Donor und zeigt die Verteilung der Milchhaltsstoffe der Donoren zum Zeitpunkt der Spülung.

Abbildung 22: LSQ-Mittelwerte für die Anzahl tauglicher Embryonen innerhalb der Harnstoff – Eiweiß Klassen

Tabelle 21: LSQ-Mittelwerte für die übrigen Merkmale der Embryonenproduktion bei den einzelnen Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis Klassen aus Abbildung 22

Feld	I	II	III	IV
gespülte	9,67 ^a	8,56 ^b	8,51 ^b	8,81 ^{ab}
degenerierte	0,48	0,65	0,56	0,52
unbefruchtete	3,24	2,83	2,90	3,05
[%]-taugliche	58 %	57 %	54 %	59 %

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($p < 0,05$) von einander. In Zeilen ohne Buchstaben sind keine signifikanten Unterschiede.

4.1.2.4 Das Fett-Eiweiß-Verhältnis der Milch zum Zeitpunkt der letzten Milchleistungskontrolle vor der Spülung

Das Fett-Eiweiß-Verhältnis hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Merkmale der Embryonenproduktion, wohl aber einen tendenziellen Einfluss auf die Merkmale gespülte Eizellen/Embryonen und tauglichen Embryonen. Diese betrugen in Klasse 1 für die gespülten Eizellen/Embryonen, die tauglichen und degenerierten Embryonen und die unbefruchteten Eizellen 8,62, 4,68, 0,55 und 3,01. In der zweiten Klasse waren dies in gleicher Reihenfolge 9,15, 4,96, 0,55 und 3,00. Die Befruchtungsrate beträgt in Klasse 1 58 % und in Klasse 2 56 %.

4.2 Genetische Einflussfaktoren der Spender auf die Embryonenproduktion

Die Einflüsse der genetischen Parameter wurden sowohl für die maternale als auch die paternale Seite geschätzt. In beiden Fällen lagen wiederholte Beobachtungen vor. Daher wurden zu den Heritabilitäten auch die Wiederholbarkeiten geschätzt. Außerdem wurden die Korrelationen zwischen den einzelnen Merkmalen der Embryonenproduktion geschätzt.

4.2.1 Spenderkühe

Für die genetischen Analysen wurde für das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen das Modell 2 angewendet. Für die übrigen Merkmale wurde das Modell 3 verwendet, da der Anpaarungspartner mit berücksichtigt wurde (vgl. Tabelle 22).

Tabelle 22: Varianzkomponenten der Donoren für die Merkmale der Embryonenproduktion

Varianzkomponenten		additiv genetisch	permanente Umwelt des Donors	Besamungs- bulle	Restvarianz
gespülte	absolut	7,128	2,527	-	22,165
	relativ	0,224	0,079	-	0,697
taugliche	absolut	1,082	1,967	0,045	9,098
	relativ	0,089	0,161	0,004	0,746
degenerierte	absolut	0,002	0,008	0,003	0,126
	relativ	0,016	0,056	0,018	0,909
unbefruchtete	absolut	0,300	0,137	0,055	2,000
	relativ	0,120	0,055	0,022	0,803
[%]-taugliche	absolut	112,09	156,41	13,16	1022,64
	relativ	0,086	0,120	0,010	0,784

Die Restvarianz war bei den Merkmalen gespülte, taugliche und [%]-taugliche Eizellen/Embryonen mit rund 0,7 bis 0,8 hoch. Wie auch bei den Merkmalen degenerierte bzw. unbefruchtete Embryonen/Eizellen mit rund 0,9 bzw. 0,8, wird der größte Teil der Gesamtvarianz durch die Restvarianz erklärt. Der Einfluss des Besamungsbullen war abgesehen von dem Merkmal „unbefruchtete Embryonen“ mit unter 0,05 sehr gering. Für das Merkmal „unbefruchtete Eizellen“ war der Einfluss mit 0,055 nur un-

wesentlich höher.

Der relative additiv genetische Effekt stellte sich für die einzelnen Merkmale unterschiedlich hoch dar und lag für gespülte Embryonen mit ca. 0,22 in einem mittleren Bereich. Für die übrigen Merkmale waren diese mit unter 0,1 deutlich geringer. Die permanente Umwelt hatte für das Merkmal taugliche Embryonen mit ca. 0,16 den höchsten Einfluss. Mit unter 0,1 (0,12 bei dem Merkmal [%]-taugliche) war der Einfluss der permanenten Umwelt bei den übrigen Merkmalen schwächer.

In Tabelle 23 sind die Heritabilitäten, die Standardfehler und die Wiederholbarkeiten für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion dargestellt.

Tabelle 23: Heritabilitäten, Standardfehler und Wiederholbarkeiten für die Merkmale der Embryonenproduktion der Donoren

Merkmal	Zahl der Spülungen	Heritabilität	Standardfehler der Heritabilität	Wiederholbarkeit
gespülte	3006	0,224	0,037	0,303
taugliche	3006	0,089	0,025	0,250
degenerierte	2474	0,016	0,016	0,072
unbefruchtete	2474	0,120	0,027	0,175
[%]-taugliche	2112	0,086	0,028	0,209

Der Standardfehler ist bei den Merkmalen gespülte, taugliche, [%]-taugliche und unbefruchtete Eizellen/Embryonen relativ niedrig, während dieser bei dem Merkmal degenerierte Embryonen genauso groß ist wie die Heritabilität. Trotz der unterschiedlichen Heritabilitäten für die Merkmale gespülte und taugliche Eizellen/Embryonen sind die Wiederholbarkeiten mit 0,25 bis 0,3 auf gleichem Niveau. Zwischen den wiederholten Leistungen der Spenderkühe bestehen für degenerierte Embryonen praktisch keine Beziehungen. Bei den [%]-tauglichen Embryonen und den unbefruchteten Eizellen liegt die Wiederholbarkeit bei ca. 0,2.

4.3 Korrelationen

4.3.1 Genetische und phänotypische Korrelation zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion

In Tabelle 24 sind die Korrelationen für die Merkmale der Embryonenproduktion für die maternale Seite dargestellt.

Tabelle 24: Heritabilitäten sowie genetische und phänotypische Korrelationen der Donoren für die Merkmale der Embryonenproduktion

Merkmal	gespülte	taugliche	degenerierte	unbefruchtete	[%]- taugliche
gespülte	0,224 (0,037)	0,796 (0,083)	0,938 (0,247)	0,708 (0,086)	-0,177 (0,120)
taugliche	0,677	0,089 (0,025)	0,738 (0,436)	0,237 (0,097)	0,554 (0,145)
degenerierte	0,310	0,160	0,016 (0,016)	0,547 (0,383)	-0,185 (0,354)
unbefruchtete	0,513	-0,001	-0,018	0,120 (0,027)	-0,839 (0,113)
[%]-taugliche	-0,07	0,68	-0,210	-0,663	0,089 (0,028)

Auf der Diagonalen stehen die Heritabilitäten, oberhalb der Diagonalen die genetischen Korrelationen und unterhalb der Diagonalen die phänotypischen Korrelationen. (Standardfehler in Klammern)

Die phänotypischen Korrelationen zwischen den Merkmalen gespülte Eizellen/Embryonen und den übrigen Merkmalen der Embryonenproduktion liegen im mittleren bis hohen positiven Bereich. Vor allem die Korrelation mit dem Merkmal taugliche Embryonen ist mit fast 0,7 am höchsten. Zwischen dem Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen und unbefruchtete Eizellen beträgt diese noch 0,5 und mit dem Merkmal degenerierte Embryonen ist die Korrelation mit 0,3 am geringsten. Niedriger sind die phänotypischen Korrelationen zwischen den Merkmalen taugliche und degenerierte Embryonen mit 0,16. Die Merkmale taugliche Embryonen und unbefruchtete Eizellen sind mit $r_p = -0,001$ nicht miteinander korreliert. Die Korrelation zwischen den Merkmalen degenerierte Embryonen und unbefruchtete Eizellen ist ebenso nahe

0. Die phänotypischen Korrelationen zwischen dem Merkmal [%]-taugliche und taugliche Embryonen sind mit 0,68 relativ hoch. Es besteht mit $r_p = -0,07$ eine relativ geringe negative phänotypische Korrelation zwischen den Merkmalen der gespülten Eizellen/Embryonen und den [%]-taugliche Eizellen/Embryonen. Zwischen den [%]-tauglichen Embryonen und den übrigen Merkmalen besteht eine negative Korrelation von $r_p = -0,21$ für das Merkmal der degenerierten Embryonen und $r_p = 0,67$ für das Merkmal der unbefruchteten Eizellen.

Die genetischen Korrelationen sind alle im mittleren bis hohen Bereich. Mit 0,94 ist die Korrelation zwischen den gespülten Eizellen/Embryonen und den degenerierten Embryonen am höchsten. Auch zwischen den gespülten Eizellen/Embryonen und den Merkmalen taugliche Embryonen und unbefruchtete Eizellen liegen die Korrelationen mit $r_g = 0,8$ und $0,7$ in einem hohen Bereich. Mit $r_g = -0,18$ ist die genetische Korrelation zwischen den Merkmalen gespülte Eizellen/Embryonen und den [%]-tauglichen Embryonen nicht nur geringer, sondern auch negativ. Während die genetische Korrelation zwischen den tauglichen Embryonen und den degenerierten mit $r_g = 0,74$ relativ hoch ist, ist sie zwischen den Merkmalen taugliche Embryonen und unbefruchtete Eizellen mit $0,24$ weniger ausgeprägt. Dazwischen liegt die genetische Korrelation zwischen tauglichen und [%]-tauglichen Embryonen mit $r_g = 0,55$. Die [%]-tauglichen Embryonen sind negativ mit dem Merkmal degenerierte Embryonen ($r_g = -0,19$) und deutlicher mit dem Merkmal unbefruchtete Eizellen ($r_g = -0,84$) korreliert.

4.3.2 Genetische Korrelation zwischen maternaler und paternaler Fruchtbarkeit

Es wurde das Modell 3 angewandt. Die genetischen Korrelationen zwischen der maternalen und paternalen Seite sind alle nahe Null, wenn auch mit einem negativen Vorzeichen versehen. Für das Merkmal taugliche Embryonen beträgt die genetische Korrelation $-0,08$. Für das Merkmal degenerierte Embryonen ist diese Korrelation $-0,07$, für die unbefruchteten Eizellen $-0,10$ und $-0,05$ für den Anteil der tauglichen Embryonen an den gespülten Eizellen/Embryonen.

4.3.3 Korrelationen zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion und den Milchleistungsmerkmalen

In Anlehnung an die vorangegangenen Analysen wurde die Signifikanz der fixen Effekte Betrieb und Verband mittels des F-Tests für die Milchleistungsmerkmale untersucht. Die Effekte Betrieb und Verband haben einen signifikanten Einfluss auf die untersuchten Merkmale. Das Erstkalbealter in Tagen ist als kontinuierliche Variable bei der Schätzung der Varianzkomponenten für die Milchleistung mit eingeflossen. Die geschätzten phänotypischen Korrelationen zwischen den Milchleistungsmerkmalen und den Spülleistungen sind in Tabelle 25 aufgeführt.

Tabelle 25: Phänotypische Korrelationen zwischen den Milchleistungsmerkmalen der letzten Milchleistungsprüfung vor der Spülung und den Merkmalen der Embryonenproduktion

	Milch-kg	Fett [%]	Eiweiß [%]	Fett-Eiweiß-Verhältnis	Harnstoff [ppm]	Lactose [%]	SCS
gespülte Eizellen/Embryonen	0,006	0,040	-0,022	0,063 *	-0,011	-0,009	-0,030
taugliche Embryonen	0,022	0,015	-0,045 *	0,045 *	-0,000	0,016	-0,030
degenerierte Embryonen	0,011	0,008	0,005	0,001	-0,002	0,013	-0,006
unbefruchtete Eizellen	-0,028	0,030	0,009	0,032	-0,026	-0,057 *	-0,010
[%]-taugliche	0,068 **	-0,026	-0,067 **	-0,009	-0,01	0,058 **	-0,03

Signifikanzschwellen: ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ohne Stern $p > 0,05$

Somatic cell score (SCS) = logarithmierte geometrische Mittel der somatischen Zellen in der Milch

Die Korrelationen liegen mit Ausnahme der Korrelation zwischen den gespülten Eizellen/Embryonen und dem FEQ, den tauglichen Embryonen und den Eiweiß [%] und FEQ, sowie den [%]-tauglichen Embryonen und den Milch-kg, den Eiweiß [%] und den Lactose [%] alle nahe Null. Eine leichte, wenn auch nicht signifikante, nega-

tive Korrelation zwischen den Spül- und Leistungsmerkmalen ist zwischen den gespülten Eizellen bzw. tauglichen Embryonen und Eiweißprozent mit -0,022 bzw. -0,045 feststellbar. Weiterhin ist eine leicht positive Korrelation zwischen den oben genannten Merkmalen der Fruchtbarkeit und dem Fett-Eiweiß-Quotienten (FEQ) mit 0,063 bzw. 0,045 festzustellen. Die Befruchtungsrate hat eine leicht positive Korrelation mit der Milchleistung und der Lactose. Die Korrelation zwischen den [%]-tauglichen und der Milchmenge ist mit 0,068 positiv und unterscheidet sich damit signifikant von 0. Auch die Korrelation zwischen den [%]-tauglichen Embryonen und der Lactose in % ist mit 0,058 positiv und signifikant von 0 verschieden. Eiweiß in % ist negativ mit diesem Merkmal der Embryonenproduktion korreliert (-0,067). Alle übrigen Merkmale haben ein negatives Vorzeichen, wenn auch die phänotypischen Korrelationen hierbei nicht sehr hoch sind.

Im Folgenden werden die genetischen Einflüsse und Varianzkomponenten für die Merkmale der Milchproduktion dargestellt. Für die Schätzungen der genetischen Korrelationen zwischen Spül- und Milchleistungsmerkmalen sind die Milchleistungsinformationen der ersten Laktation eingegangen. Bei den Milchleistungsinformationen wurden die 305 Tageleistung, Fettprozent, Eiweißprozent und der „somatic cell score“ berücksichtigt. In Tabelle 26 sind die geschätzten Heritabilitäten, Standardfehler, additiv genetischen Varianzen und die Restvarianzen für die einzelnen Milchproduktionsmerkmale aufgeführt.

Tabelle 26: Genetische Parameter für die Produktionsmerkmale (Leistungsinformation aus der ersten Laktation)

Merkmal	Heritabilität	Standardfehler	additiv genetische Varianz	Restvarianz
Milch-kg (305 Tageleistung)	0,320	0,049	496259	1055154
Fett [%]	0,715	0,028	0,163	0,065
Eiweiß [%]	0,557	0,034	0,019	0,015
SCS	0,105	0,045	0,117	0,987

Somatic cell score (SCS) = logarithmierte geometrische Mittel der somatischen Zellen in der Milch

Tabelle 27 zeigt die genetischen Korrelationen (Standardfehler) zwischen den Milchleistungsmerkmalen der 1. Laktation und den Spülergebnissen. Mit steigender genetischer Leistungsbereitschaft zur Milchproduktion sinken alle Kennzahlen der Embryonenproduktion im Bereich zwischen 0,26 und 0,15. Insbesondere die Zahl der tauglichen Embryonen ist mit -0,26 am höchsten negativ mit dem Merkmal der Milchleistung korreliert. Etwas differenzierter stellt sich die Situation bei den Milchinhaltsstoffen dar. Während keine Korrelation zwischen Fett [%] bzw. Eiweiß [%] und der Anzahl gespülter Eizellen bzw. tauglicher Embryonen besteht, ist die Zahl der degenerierten Embryonen mit knapp 0,28 positiv mit diesen Inhaltsstoffen korreliert. Für die Zahl der unbefruchteten Eizellen haben die Inhaltsstoffe praktisch keinen Einfluss. Der „somatic cell score“ ist negativ (-0,20 bis -0,29) mit den Merkmalen gespülte Eizellen/Embryonen und unbefruchtete Eizellen sowie taugliche Embryonen korreliert. Allerdings ist der „somatic cell score“ positiv und mit 0,45 relativ hoch mit der Anzahl degenerierten Embryonen korreliert.

Tabelle 27: Genetische Korrelationen zwischen der Milchleistung der ersten Laktation und den Merkmalen der Embryonenproduktion für die Spenderkuh

	gespülte	taugliche	degenerierte	unbefruchtete	[%]- taugliche
Milch-kg (305 Tageleistung)	-0,23 (0,071)	-0,262 (0,086)	-0,25 (0,132)	-0,154 (0,13)	0,056 (0,163)
Fett [%]	-0,008 (0,048)	-0,09 (0,073)	0,277 (0,146)	-0,048 (0,074)	-0,003 (0,065)
Eiweiß [%]	0,08 (0,052)	0,06 (0,019)	0,28 (0,17)	0,004 (0,086)	0,110 (0,098)
SCS	-0,203 (0,137)	-0,244 (0,158)	0,452 (0,237)	-0,285 (0,172)	-0,351 (0,133)

(Standardfehler stehen in Klammern)

Somatic cell score (SCS) = logarithmierte geometrische Mittel der somatischen Zellen in der Milch

Die mit Hilfe der genetischen Korrelationen berechneten korrelierten Selektionserfolge zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion und den Milchleistungs-

merkmalen sind in Tabelle 28 aufgeführt. Dabei wurde der korrelierte Selektionserfolg für die 305-Tage Leistung auf eine Steigerung der Milchleistung um 1000 kg umgerechnet. Der korrelierte Selektionserfolg für Fett- und Eiweißprozent bezieht sich auf eine Steigerung dieser Milchinhaltsstoffe um jeweils ein Prozent. Für den „somatic cell score“ ist der korrelierte Selektionserfolg für die Merkmale der Embryonenproduktion um eine Einheit „somatic cell score“ angegeben.

Tabelle 28: Korrelierter Selektionserfolg für die Merkmale der Embryonenproduktion bei direkter Selektion auf die unterschiedlichen Milchleistungsmerkmale

Merkmal	gespülte	taugliche	degenerierte	unbefruchtete	[%]- taugliche
Milch-kg (305 Tageleistung)	-0,9 ¹	-0,4 ¹	0,01 ¹	-0,1 ¹	0,04 ¹
Fett [%]	-0,05 ²	-0,23 ²	0,03 ²	-0,06 ²	-0,003 ²
Eiweiß [%]	1,53 ³	0,05 ³	0,08 ³	0,02 ³	0,36 ³
SCS	-1,58 ⁴	-0,75 ⁴	0,05 ⁴	-0,46 ⁴	-0,47 ⁴

¹⁾ Anzahl der Eizellen/Embryonen je 1000 kg Laktationsleistungssteigerung

²⁾ Anzahl der Eizellen/Embryonen je 1 % Fettleistungssteigerung

³⁾ Anzahl der Eizellen/Embryonen je 1 % Eiweißleistungssteigerung

⁴⁾ Anzahl der Eizellen/Embryonen je Steigerung des „somatic cell score“ (SCS) um 1

Somatic cell score (SCS) = logarithmierte geometrische Mittel der somatischen Zellen in der Milch

4.4 Empfängertiere

4.4.1 Einfluss der fixen Effekte auf die Kalbewahrscheinlichkeit

Als Merkmal wurde die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Embryotransfer definiert (siehe Tabelle 29). Dabei wurden die Signifikanzen der fixen Effekte übertragender Verband, Transfersaison, Anzahl Laktationen des Empfängers zum Zeitpunkt des Transfers, Rasse des Empfängers, Zustand des Embryos (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut), sowie Qualitäts- und Entwicklungsstufe der Embryonen mittels eines F-Testes im Schwellenwertmodell getestet.

Tabelle 29: Signifikanzen der fixen Effekte auf die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Embryotransfer

Merkmal	Kalbung
Verband	*
Transfersaison	n. s.
Laktationsnummer	***
Rasse des Empfängers	n. s.
Zustand des Embryos	***
Qualität des Embryos	***
Entwicklung des Embryos	**

Signifikanzschwellen:*** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n. s. $p > 0,05$

Um die Unterschiede für die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Embryotransfer darzustellen, werden im Folgenden die LSQ-Mittelwerte für die einzelnen fixen Effekte dargestellt.

4.4.1.1 Analyse der die Embryonen übertragenden Verbände

Der Einfluss der Verbände war auf das Merkmal Kalbung nach ET signifikant. Die meisten Empfängertiere kalbten bei den Verbänden 1 (38,1 %) und 3 (39,8 %). Etwas geringer sind die Abkalberaten bei Verband 4 (34,6 %) (siehe Abb. 23).

4.4.1.2 Analyse der Transfersaisonklassen

Die Saison, in der der Embryo transferiert wurde, hat keinen signifikanten Einfluss auf die Kalbewahrscheinlichkeit. Die Kalbewahrscheinlichkeit nach Transfer innerhalb der einzelnen Saisonen beträgt: Dezember bis Februar 35,6 %, März bis Mai 36,8 %, Juni bis August 38,5 %, September bis November 39,0 %.

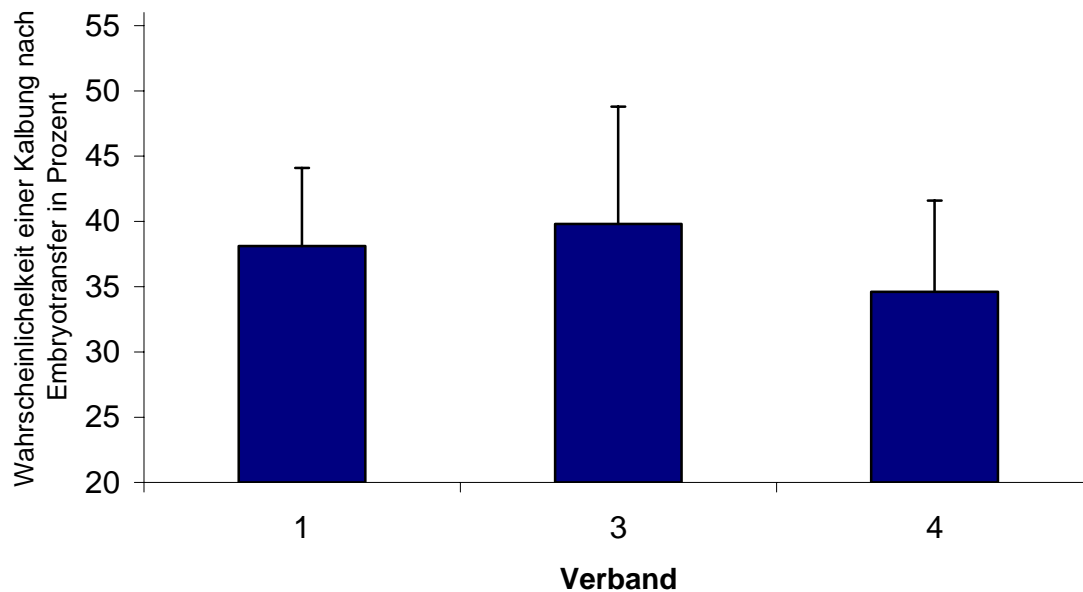


Abbildung 23: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Verbände

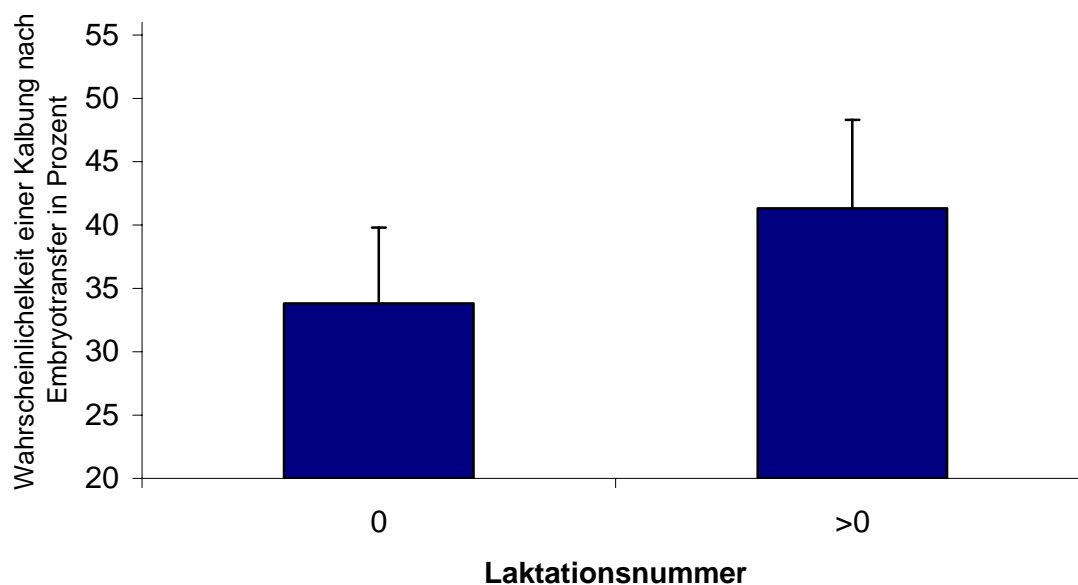


Abbildung 24: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Laktationsnummern

4.4.1.3 Analyse der Anzahl der Laktationen der Empfängertiere

Der Unterschied zwischen nulliparen Tieren (Rindern) und Tieren, die mindestens einmal gekalbt haben (Kühe), ist hochsignifikant. Die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung bei Rindern betrug 33,8 %. Die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Embryotransfer bei Kühen betrug 41,3 % (siehe Abb. 24).

4.4.1.4 Analyse über die Rasse der Empfängertiere

Der Einfluss der Empfängertierrasse ist nicht signifikant. Allerdings gibt es einen tendenziellen Einfluss ($p = 0,07$) für die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Embryotransfer. Diese beträgt bei der Rasse Dt. Holstein 41,2 % und bei den übrigen Rassen und Kreuzungen 33,6 %.

4.4.1.5 Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) der Embryonen

Ob die Embryonen frisch oder tiefgefroren und vor dem Transfer wieder aufgetaut transferiert wurden, hatte einen hochsignifikanten Einfluss auf die Kalbewahrscheinlichkeit. Während nach frisch transferierten Embryonen eine Kalbewahrscheinlichkeit von 40,8 % zu erwarten war, kalbten nach Transfer von tiefgefrorenen/aufgetauten Embryonen nur 34,2 % der Empfängertiere (siehe Abb. 25).

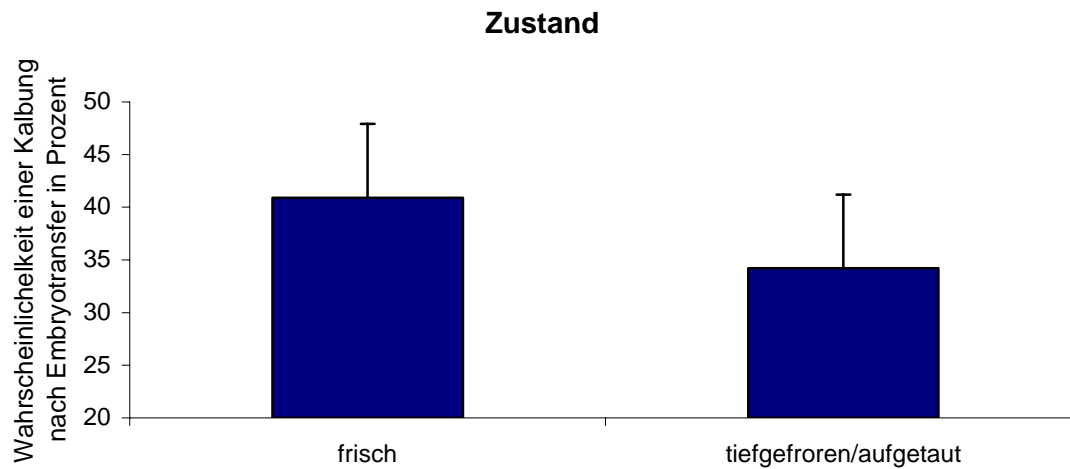


Abbildung 25: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit des Zustandes des Embryos

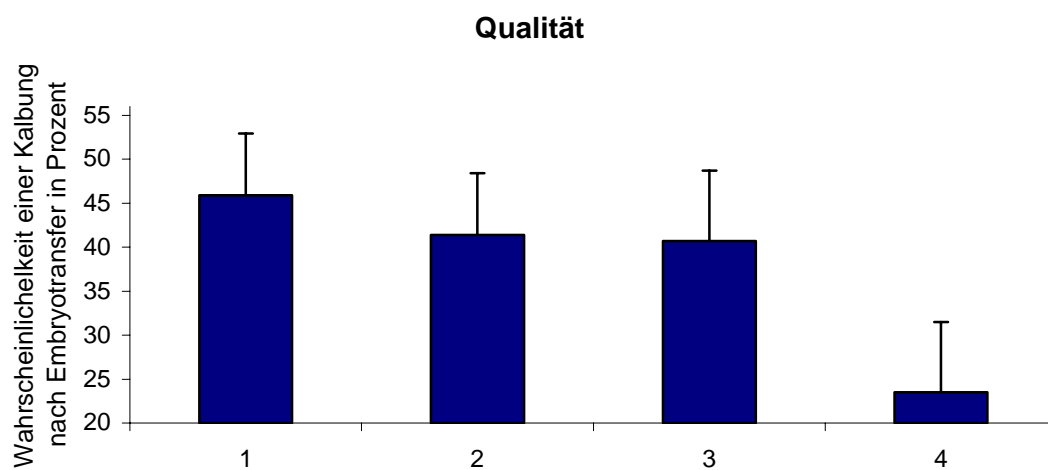


Abbildung 26: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Qualitätsstufe des Embryos

4.4.1.6 Qualitätsstufe der Embryonen

Erwartungsgemäß hatte die Einteilung der einzelnen Embryonen nach ihrer morphologischen Beschaffenheit und Integrität als Maß für die Qualität der Embryonen einen hochsignifikanten Einfluss auf die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer. Bei der besten Qualitätsstufe (1) waren auch die meisten Kalbungen zu erwarten (45,9 %). Dies nahm dann über die Qualitätsstufen 2 (41,4 %) und 3 (40,7 %) langsam ab. Deutlich schlechter sind die Kalbewahrscheinlichkeiten bei der Qualitätsstufe 4 (23,5 %) (siehe Abb. 26).

4.4.1.7 Entwicklungsstufe der Embryonen

Ebenso wie die Qualitätsstufe hatte auch die Entwicklungsstufe der Embryonen einen signifikanten Einfluss auf die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer. Nach Transfer von Morula und frühen Blastozysten sind die Eintrittswahrscheinlichkeiten einer Kalbung nach Transfer mit 39,4 % gleich groß. Bei Blastozysten ist die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung mit 33,8 % signifikant geringer (siehe Abb. 27).

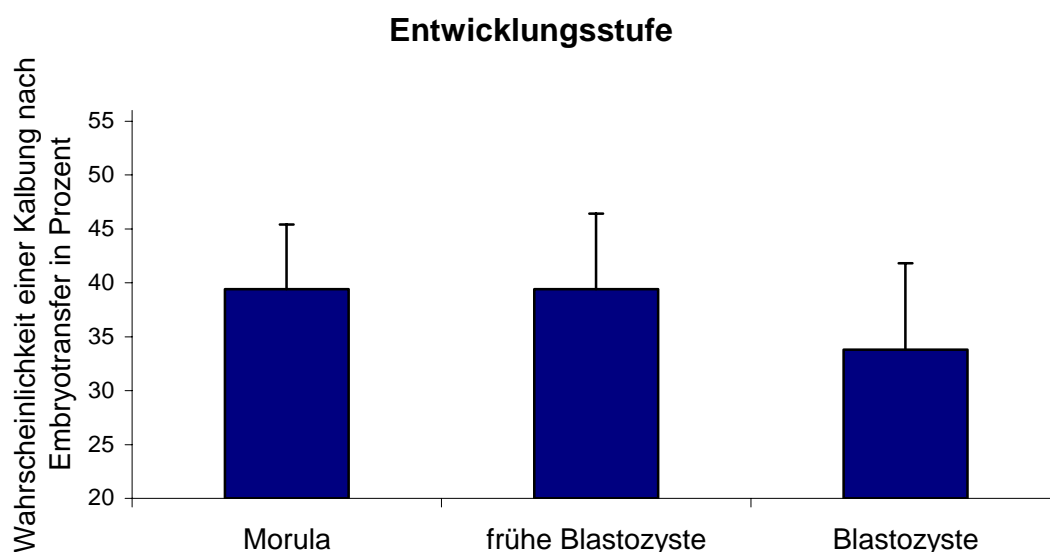


Abbildung 27: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Ent-

4.4.2 **Genetische Einflussfaktoren auf die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer**

Die Heritabilität für die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer liegt bei 5,6 %. Die Wiederholbarkeit liegt bei 7,3 % (siehe Tabelle 30).

Tabelle 30: Varianzkomponenten, Heritabilitäten und Wiederholbarkeiten für die Geburt eines Kalbes nach Embryotransfer

Varianzkomponenten	absolut	relativ
additiv genetischer Effekt	0,061	0,056
permanente Umwelt	0,019	0,017
Donor	0,009	0,008
Spülbulle	0,002	0,002
Restvarianz	1	0,917
Gesamtvarianz	1,091	
Heritabilität		0,056
Wiederholbarkeit		0,073

4.5 **Genetische Korrelation zwischen den Spender- und Empfängertieren**

Bei den Empfängertieren ist der genetische Einfluss auf die Anwachsrate eines Embryos nach Transfer gemeint. Bei den Spendertieren drückt die Heritabilität den genetischen Anteil der Spendertiere auf die Vitalität eines tauglichen Embryos aus. Mit den Ergebnissen oberhalb der Diagonalen in Tabelle 31 lässt sich zum Beispiel aussagen, ob ein Bulle, der Empfängertiere hervorbringt, bei denen Embryonen gut anwachsen, auch Spenderkühe hervorbringt, die nach einer Superovulation vitale Embryonen liefern. Der genetische Einfluss der Spendertiere für die Vitalität eines tauglichen Embryos ist mit 0,008 für die maternale Seite und 0,002 für die paternale Seite

verschwindend gering. Mit 0,056 bewegt sich die Heritabilität für die Anwachsrate eines Embryos in einem Empfängertier in einem relativ niedrigen Bereich (vgl. Tabelle 31).

Tabelle 31: Genetische Korrelation zwischen den Spendern und Empfängern

Varianzkomponenten	Empfänger	Mutter des Embryos	Vater des Embryos
Empfänger	0,056 (0,026)	-0,004 (0,029)	-0,455 (0,034)
Mutter des Embryos		0,008 (0,007)	nicht konvergiert
Vater des Embryos			0,002 (0,006)

Auf der Diagonalen stehen die Heritabilitäten für die Anwachsrate eines Embryos.

Oberhalb der Diagonalen stehen die genetischen Korrelationen.

(Standardfehler in Klammern)

Die Korrelationen zwischen den Spendertieren und den Empfängertieren sind negativ. Dabei ist die Korrelation mit $-0,455$ zwischen der paternalen Seite und den Empfängertieren deutlich ausgeprägter als zwischen der maternalen Seite und den Empfängertieren mit $-0,004$. Bei der Schätzung der genetischen Korrelation zwischen der maternalen und paternalen Seite für die Anwachsrate eines Embryo wurde kein plausibles Ergebnis gefunden, da das Programm nicht konvergiert ist. Der Grund dafür ist, dass sich das Ergebnis am Rande des Parameterraumes bewegte und die Heritabilitäten für diese Merkmale auf der paternalen und maternalen Seite zu niedrig sind.

Bullen, die Empfängertiere liefern, bei denen transferierte Embryonen gut anwachsen, sind nicht unweigerlich auch Bullen, die viele vitale Embryonen liefern. Die genetische Korrelation zwischen der Spenderkuh und dem Empfänger ist nahe null und hat damit keine züchterische Relevanz.

5 Diskussion

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es für den Züchter wichtig, möglichst konstant gute Spülergebnisse zu erzielen, um anschließend aus den tauglichen Embryonen gesunde und vitale Kälber zu ziehen. Mit dieser Arbeit sollten neben den umweltbedingten Einflüssen auf die Embryonenproduktion auch die genetischen Einflüsse geschätzt werden. Damit ist eine Vorhersagbarkeit der züchterischen Möglichkeiten für die Merkmale der Embryonenproduktion möglich. Des Weiteren wurden die genetischen Einflüsse und die Umwelteinflüsse für das Merkmal „Geburt eines Kalbes nach Embryotransfer“ analysiert. Schließlich wurden in einem synergistischen Modell die genetischen Einflüsse und Wechselwirkungen aller an der Produktion der Embryonen und der Austragung eines Kalbes nach Embryotransfer beteiligten Partner gemeinsam analysiert.

5.1 Datenmaterial

Das Datenmaterial wurde von vier unterschiedlichen Zuchtorganisationen und dem VIT zur Verfügung gestellt. Dabei waren die Art und der Umfang des Datenmaterials der einzelnen Zuchtorganisationen sehr unterschiedlich. Dies bezieht sich nicht nur auf den Inhalt des Datenmaterials, sondern auch auf die Art der Datenarchivierung. Während einige die Informationen in unterschiedlichen Dateitypen gespeichert haben, lagen bei anderen Zuchtorganisationen die Informationen ganz oder teilweise auf Papier vor. Es galt nun immer einen Kompromiss zu finden zwischen dem Umfang der Grundgesamtheit für die Analysen und der Menge der Informationen, die mit verarbeitet werden sollten. Da stets versucht wurde, für die einzelnen Analysen so viele Informationen wie möglich mit zu verarbeiten, schwanken die Beobachtungszahlen bei den unterschiedlichen Analysen zum Teil erheblich.

Die 10-stelligen nationalen Identifikationsnummern (Ohrmarkennummern) der Rinder waren beim VIT auch mit der Zusatzinformation über die ausführende Zuchtorganisation nicht eindeutig zuzuordnen oder nicht existent. Daher gingen knapp 20 % aller

Beobachtungen für die Analysen verloren, bei denen die Pedigree- oder Milchleistungsinformationen berücksichtigt werden sollten.

Für künftige Projekte wäre es sicher von großem Vorteil, ein einheitliches Datenerfassungssystem mit einheitlichem Informationsgehalt einzurichten. Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass die nationalen Identifikationsnummern 15-stellig aufgenommen werden, um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten.

Auch bei dem Datenmaterial über die Embryonen, die Empfängertiere und die anschließenden Kalbungen sollte versucht werden, ein einheitliches Informationssystem zu etablieren. Neben den in der vorliegenden Arbeit aufgeführten Effekten wären z. B. die Art der Brunst des Empfängertieres (natürlich oder synchronisiert), die eindeutige Identifizierung des Betriebes, die verwendeten Prostaglandinanaloga, die bei der Superovulation eingesetzt wurden, und eine eindeutige Einordnung der nicht tauglichen Embryonen wünschenswert. Wichtig ist in jedem Fall eine Vollständigkeit der Informationen, da sich die Auswertbarkeit der Informationen zwangsläufig nach der geringsten Informationsdichte richtet.

Es konnten die Transfers von einer Zuchtorganisation nicht berücksichtigt werden, weil keine Informationen über die Qualität und die Entwicklung der Embryonen zur Verfügung standen. Auch waren bei zu wenigen Transfers Informationen über das Ergebnis einer evtl. durchgeführten Trächtigkeitsuntersuchung vorhanden. Somit konnten keine Analysen zwischen einer Trächtigkeitsuntersuchung zu Beginn der Trächtigkeit und einer tatsächlichen Kalbung durchgeführt werden. Als Merkmal einer Trächtigkeit nach Embryotransfer wurde eine Kalbung innerhalb eines plausiblen Zeitfensters (270 bis 290 Tage effektive Trächtigkeitsdauer) nach Transfer definiert. Schließlich ist das entscheidende Merkmal nicht eine Trächtigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern viel mehr die Geburt eines (möglichst vitalen) Kalbes. Genauere Informationen über den Trächtigkeits- und Kalbeverlauf sowie das Leben und die Abstammung des Kalbes, das innerhalb der plausiblen Trächtigkeitsdauer geboren wurde, standen leider nicht zur Verfügung.

5.2 Umwelteinflüsse auf die Embryonenproduktion

5.2.1 Effekte des zur Superovulation verwendeten Hormons

Die unterschiedlichen Substanzklassen bzw. die unterschiedlichen verwendeten Präparate innerhalb einer Substanzklasse haben einen signifikanten Einfluss auf alle Merkmale der Embryonenproduktion. Dabei lieferten Spülungen, bei denen die Tiere mit Folltropin-V® superovuliert wurden mit 5,23 tauglichen Embryonen die besten Ergebnisse. Dagegen wurden mit den übrigen FSH Präparaten 4,65 und dem FSH+PMSG Programm 4,57 taugliche Embryonen gewonnen. Die unterschiedlich guten Spülergebnisse unter Verwendung der verschiedenen FSH-Präparate liegen nach Meinung von Callesen et al. (1986) an den unterschiedlich hohen LH Anteilen in den einzelnen FSH Präparaten. Diese können nicht nur zwischen den einzelnen Präparaten schwanken, sondern auch bei unterschiedlichen Chargen eines Präparates. Nach Meinung der Autoren ist zwar ein gewisser LH Anteil für die Reifung der Follikel notwendig, jedoch führt ein zu hoher LH Anteil zur prämaturnen Ovulation oder zur Luteinisierung der Follikel (Foote und Ellington, 1988).

Mit den PMSG-Spülungen wurden durchschnittlich 3,72 taugliche Embryonen gewonnen. PMSG hat eine deutlich höhere LH Aktivität als FSH. Schams et al. (1978) begründen damit die schlechteren Spülergebnisse bei mit PMSG superovulierten Spendern, wie sie auch in dieser Arbeit aufgezeigt wurden. Durch die längere Halbwertszeit des PMSG wird häufig eine längere Stimulation der Ovarien über die Ovulation hinaus induziert, was letztlich den Östrogenspiegel erhöht. Diese Erhöhung beeinflusst die frühembryonale Entwicklung negativ (Boland et al., 1991).

5.2.2 Effekte der Verbände

Der Einfluss der Verbände ist für alle Merkmale der Embryonenproduktion hoch signifikant. Dabei haben die unterschiedlichen Verbände unterschiedliche Arbeitsweisen. Während ein Verband nahezu alle Spülungen auf der eigenen immobilen Embryotransferstation durchführt, haben die übrigen drei Verbände ein mobiles Labor,

mit dem sie die meisten oder gar alle Spülungen auf den jeweiligen Betrieben durchführen. Die Unterschiede in der Arbeits- und Organisationsweise erklären einen Teil der unterschiedlichen Spülergebnisse. Allerdings ist es aufgrund der vorliegenden Informationen unmöglich diesen Teil genauer zu quantifizieren. Dies müsste in weiteren Untersuchungen analysiert werden, bei denen die genaue Vorgehensweise der einzelnen Organisationen bei den einzelnen Spülungen beobachtet und dokumentiert würde. In den unterschiedlichen Regionen, in denen die einzelnen Zuchtorganisationen angesiedelt sind, herrschen traditionell unterschiedliche Betriebsstrukturen. Dies umfasst neben den Betriebsgrößen auch das Betriebsmanagement sowie die Futterqualität und -zusammensetzung, die in den einzelnen Regionen vorherrschen. Schon Detterer (1991) stellte einen signifikanten Einfluss der unterschiedlichen Regionen innerhalb Ostfrieslands auf die Spülergebnisse von Donoren fest. Er begründete dies mit den unterschiedlichen durchschnittlichen Betriebsgrößen, der damit einhergehenden mehr oder weniger intensiven Betreuung der Tiere und dem Management. Da der betriebliche Standort nicht genauer berücksichtigt wurde, fließt dieser Umstand zumindest zum großen Teil mit in den Verbandseffekt mit ein.

5.2.3 Effekte der Saison

Die Saison hat - abgesehen von dem Merkmal „unbefruchtete Eizellen“ - keinen signifikanten Einfluss auf die Spülergebnisse. Allerdings werden in der Zeit von September bis November tendenziell mehr Eizellen/Embryonen gespült ($p < 0,06$). Untersuchungen, die einen signifikanten Einfluss der Temperatur konstatierten, wie z. B. von Roman-Ponce et al. (1978) oder Rivera et al. (2001) beziehen sich auf deutlich wärmere Regionen mit deutlich höheren Spitzenwerten als dies in den Regionen, aus denen die Beobachtungen stammen, der Fall ist. Daher wirkt sich in südlichen Regionen der durch Hitze bedingte Stress deutlich stärker auf die Tiere aus.

Die tendenziell besten Spülergebnisse wurden in den Monaten September bis November erzielt. Allerdings stieg auch genau in dieser Zeit die Zahl der unbefruchteten Eizellen signifikant an, so dass die Befruchtungsrate in dieser Zeit am schlechtesten

war. Ein Grund für die tendenziell besseren Spülergebnisse kann auch in der Fütterung liegen, da in diesem Zeitraum in der Regel die beste Silage verfüttert wird. Über den Effekt der Fütterung unmittelbar vor und während der Spülung liegen keine weiteren Informationen vor. Daher fließt der Effekt der saisonal unterschiedlichen Futterqualitäten mit in den allgemeinen Saisoneffekt mit ein. Dies sollte in weiteren Untersuchungen genauer analysiert werden.

5.2.4 Effekte der Laktationsnummer

Der Einfluss der Laktationsnummer auf die Anzahl der tauglichen Embryonen, der [%]-tauglichen Embryonen und unbefruchteten Eizellen ist hoch signifikant. Auf die beiden übrigen Merkmale besteht kein signifikanter Einfluss der Laktationsnummer. Allerdings erkennt man, dass die Anzahl der gespülten Eizellen/Embryonen bis zur dritten Laktation kontinuierlich zunimmt und ab dann mit jeder weiteren Laktation weniger Eizellen/Embryonen gewonnen wurden. Die Zahl der unbefruchteten Eizellen nimmt über alle Laktationen kontinuierlich zu, wobei diese Zunahme bis zur vierten Laktation weniger stark ist als die Zunahme der gespülten Eizellen/Embryonen. Aus diesem Grund werden in der dritten Laktation signifikant mehr taugliche Embryonen gewonnen als in den übrigen Laktationen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Lerner et al. (1986) und Glatzel et al. (1999). Sie bezeichneten das optimale Alter für den Embryotransfer mit 5 bis 6 Jahren. Auch der Leistungsrückgang bezüglich der gespülten Eizellen/Embryonen und vor allem der tauglichen Embryonen mit zunehmendem Alter der Spültiere, wie ihn Hanselmann (1995) beschrieb, ist bei den vorliegenden Analysen festzustellen. Vor allem bei dem Merkmal der „[%]-tauglichen Embryonen“ erkennt man die stetig abnehmende Befruchtungsrate ab der ersten Laktation. Das Merkmal „degenerierte Embryonen“ wird nicht von der Laktationsnummer beeinflusst und bleibt über die Laktationen relativ konstant.

5.3 Effekte der Milchleistung auf die Embryonenproduktion

5.3.1 Effekte des Laktationsstadiums zum Zeitpunkt der Spülung und der Anzahl der Spülungen innerhalb einer Laktation

Hochsignifikant ist der Einfluss des Zeitraumes zwischen der letzten Kalbung und der Spülung bei den Merkmalen „gespülte Eizellen/Embryonen“ und den „tauglichen Embryonen“. Aber auch für die übrigen Merkmale besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Laktationsdauer und dem Spülergebnis.

Die Spenderkühe sind in den verschiedenen Abschnitten während der Laktation unterschiedlichen Stoffwechselbelastungen ausgesetzt. Ein Hauptgrund ist die Milchleistung, die zu Beginn der Laktation bis etwa zum 50. Tag p. p. ansteigt und anschließend langsam bis zum Ende der Laktation abfällt (Gengler, 1997).

Keine Tiere sind vor dem 50. Tag p. p. superovuliert und gespült worden. Trotz der höheren Milchleistung zu Beginn der Laktation und der damit einhergehenden höheren Stoffwechselbelastung werden die besten Spülergebnisse erzielt, wenn die Embryonen im Zeitraum 50 bis 150 Tagen p.p. gewonnen werden. Dies deckt sich auch mit den Beobachtungen von Romanowski et al.(1980) und Preisinger et al. (1990). Auch sie stellten die besten Ergebnisse im ersten Laktationsdrittel bzw. –viertel fest. Genauer formulierte es Krämer (1986), der zwischen dem 50. und 150 Laktationstag den 61. bis 90. Tag für den optimalen Zeitpunkt hält. Auch wenn die Befruchtungsrate erst später (zwischen dem 249. und 350. Laktationstag) mit 61 % am höchsten ist, so werden auch hier im ersten untersuchten Laktationsabschnitt die meisten Eizellen/Embryonen und tauglichen Embryonen gewonnen.

Dieses Ergebnis mag zunächst überraschen, da die Spendertiere im ersten untersuchten Laktationsabschnitt zwar das Puerperium abgeschlossen haben (Bostedt, 2003), aber dennoch sehr viel Milch geben und damit der Stoffwechsel immer noch stark belastet ist. Der Grund für die besten Ergebnisse zu diesem Zeitpunkt liegt daher vermutlich eher im Management. Die Spenderkühe, die zur Spülung vorgestellt werden, erfreuen sich in der Regel besonderer Beobachtung und Fürsorge. Daher ist

davon auszugehen, dass diese Tiere eine ausgeglichene Stoffwechselbilanz und einen unauffälligen Reproduktionsstatus haben. D. h. im Puerperium sind aller Wahrscheinlichkeit nach keine Komplikationen aufgetreten. Bei Tieren, die in ihrem Gesundheits- oder Fruchtbarkeitsstatus auffällig sind, ist man gegen Anfang der Laktation eher gewillt, diese zu einem späteren Zeitpunkt nochmals vorzustellen, als Tiere, die schon länger gemolken werden.

Die Mehrzahl so genannter „Problemspülungen“, also Tiere mit einem auffälligen Vorbericht, werden erst zu einem späteren Zeitpunkt während der Laktation vorgestellt. Damit findet eine positive Vorselektion für eine frühe Spülung statt. Dagegen spült man Tiere, die z. B. schon mehrfach besamt wurden, eine Endometritis oder Zysten hatten, erst zu einem späteren Zeitpunkt und erhält bei diesen Tieren signifikant schlechtere Ergebnisse. Um solche Argumente genauer herauszuarbeiten, müssten mehr Informationen über den Gesundheitsstatus und den Fruchtbarkeitsstatus jeder einzelnen Spülkuh zur Verfügung stehen.

Die Anzahl der Spülungen innerhalb einer Laktation hat keinen signifikanten Einfluss auf das Spülergebnis. Tiere, die häufiger innerhalb einer Laktation für den Embryotransfer vorgestellt werden, sind in der Regel entweder solche, bei denen schon einmal ein gutes Spülergebnis in dieser Laktation erzielt wurde, oder solche, von denen der Tierbesitzer unbedingt Embryonen gewinnen will. Er versucht also weitere Spülungen, obwohl die vorherigen Spülungen keine zufrieden stellenden Ergebnisse brachten. Diese beiden Umstände dürften sich im Ergebnis gegenseitig aufheben.

5.3.2 Effekte der Milchleistung zum Zeitpunkt der Spülung

Die Milchleistung hat vor allem bei dem Merkmal „gespülte Eizellen/Embryonen“ einen signifikanten Einfluss. Durch die generelle Abnahme der gespülten Eizellen/Embryonen nehmen auch alle übrigen Merkmale ab. Jedoch ist die Abnahme bei dem Merkmal „degenerierte Embryonen“ nicht signifikant und auch bei dem Merkmal „unbefruchtete Eizellen“ nicht so deutlich wie bei dem Merkmal „gespülte Eizel-

len/Embryonen“. Daraus resultierend nimmt auch die Zahl der tauglichen Embryonen mit steigender Milchleistung vor der Spülung ab. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Glatzel et al. (1999), bei dessen Untersuchung die Spülergebnisse ab einer Milchleistung von 40kg/ Tag zum Zeitpunkt der Spülung signifikant schlechter wurden. Dabei hat der Autor den Zeitpunkt der Spülung innerhalb einer Laktation nicht gesondert untersucht. Um Aussagen von Kafi et al. (1997), welche die Verlaufskurven der Milchleistung untersuchten, oder Mannciaux et al. (2000), die die Gesamtlaktation untersuchten, zu kommentieren, müssten weitere Analysen in dieser Richtung durchgeführt werden. Beide Autoren analysierten die Laktationsleistung der Spenderkuh, in der diese superovuliert und gespült wurde.

Es bleibt jedoch festzuhalten, dass in der hier vorliegenden Arbeit die Milchleistung, gemessen am letzten Probegemelk vor der Spülung, im Gegensatz zu den Untersuchungen von Newcomb (1980) auf die Merkmale der Embryonenproduktion einen signifikanten oder wenigstens tendenziellen Einfluss hat.

Wider Erwarten sind die phänotypischen Korrelationen zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion und den Milchleistungsmerkmalen zum Zeitpunkt der Spülung alle nahe Null. Die engste Korrelation besteht mit 0,063 zwischen dem Merkmal Fett-Eiweiß-Quotient und der Anzahl der gespülten Eizellen/Embryonen. Auch wenn sich für die Milchleistung und die Milchinhaltsstoffe ein schwacher Zusammenhang mit den Merkmalen der Embryonenproduktion feststellen lässt, reicht es jedoch nicht, um eine sichere Vorhersage über das Spülergebnis treffen zu können. Anders sieht es beim Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis aus, das Rückschlüsse auf die Energie- und Eiweißversorgung des Spendertieres zum Zeitpunkt der Spülung zulässt (Eicher, 2004). Das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis ist ein hervorragendes Instrument zur Beurteilung der Eiweiß- und Energieversorgung auf Herdenbasis (de Kruif et al., 1998). Dieses ist besser geeignet als der reine Milchfettgehalt, da es passieren kann, dass der Abfall des Milchfettgehaltes – bedingt durch einen Energiemangel – nicht erkannt wird, da durch die erhöhte Mobilisationsrate der körpereigenen Fettreserven der Milchfettgehalt wieder ansteigt (de Kruif et al., 1998). Außerdem schwankt der Fettgehalt in der Milch deutlich von Betrieb zu Betrieb, und man muss beachten, dass die

Tiere nicht in einer Herde zusammen stehen. Trotz dieses Sachverhaltes kann man das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis nutzen, um eine Aussage über die Stoffwechselsituation bezüglich jeder einzelnen Kuh zu treffen. Bei der Interpretation der Ergebnisse fällt auf, dass tendenziell mehr Eizellen/Embryonen gewonnen werden, wenn sich die Tiere zum Zeitpunkt der Spülung in einem Energieüberschuss befinden. Vor allem die Zahl der tauglichen Embryonen ist bei den Tieren, die über 3,2 % Eiweiß und unter 150 ppm Harnstoff in der Milch haben, mit 5,4 gegenüber <4,9 in den übrigen Klassen signifikant erhöht. Zwar ist die Zahl der gespülten Eizellen/Embryonen in dieser Klasse am höchsten, allerdings scheint die Befruchtungsrate nur bei einer deutlichen Eiweißüberschusssituation tendenziell abzunehmen.

Wie von Grunert et al. (1999) beschrieben, werden die Zusammenhänge zwischen Fruchtbarkeit und Milchleistung in der hier vorliegenden Arbeit deutlich. Allerdings ist nicht die Milchleistung als solche ausschlaggebend, sondern das häufig aus der Milchleistung resultierende Energiedefizit. Lucy et al. (1992) konnten eine verminderte LH Freisetzung bei erhöhter Milchleistung nachweisen. Die aus der erhöhten Milchleistung resultierende Hypoglykämie beeinträchtigt die Synthese der gonadotropen Hormone (Kolb und Elze, 1995). Auch wenn potentielle Spendertiere unter besonderer Beobachtung stehen, unterliegen auch sie bei hoher Milchleistung der Gefahr einer durch Energiemangel bedingten neuroendokrinen Störung. Häufig ist aber eine hohe Milchleistung ein Selektionsgrund für Spendertiere der Rasse Dt. Holstein für den Embryotransfer. Dies erklärt auch, weshalb weniger milchbetonte Rassen nach Superovulation oftmals bessere Spülergebnisse hervorbringen (Niemann, 1986; ADR, 2004).

Bei den degenerierten Embryonen und unbefruchteten Eizellen lässt sich kein signifikanter Einfluss des Harnstoff-Eiweiß-Verhältnisses feststellen. Ebenso wenig wie bei der Befruchtungsrate, obwohl diese am besten ist, wenn die Spendertiere in einer Proteinüberschusssituation sind.

Allerdings bleibt festzuhalten, dass Tiere mit einer positiven Stoffwechselbilanz zum Zeitpunkt der Spülung keine verfetteten Tiere sind. Schon Siddiqui et al. (2002) konn-

ten zeigen, dass Tiere mit einem BCS von 4 bis 5, also verfettete Tiere, schlechtere Spülergebnisse haben, als solche deren BCS zwischen 2,5 und 3 liegt.

Tendenziell mehr Eizellen/Embryonen ($p = 0,07$) und taugliche Embryonen ($p = 0,07$) werden gewonnen, wenn das Fett-Eiweiß-Verhältnis über 1,2 zu 1 ist. De Kruif et al. (1998), beschreiben die Gefahr, dass zu hohe Eiweißkonzentrationen in der Milch bei hohen Milchleistungen durch hohe Kraftfuttergaben zu Ungunsten des Grundfutters „erkauft“ werden. In dieser Situation ist das Fett-Eiweiß-Verhältnis unter 1,2 zu 1, weil der Eiweißanteil in der Milch ansteigt. Dies birgt selbst bei strenger Kontrolle die Gefahr einer Azidose. Azidotische Spendertiere liefern in der hier vorliegenden Untersuchung tendenziell weniger Eizellen/Embryonen und taugliche Embryonen als Tiere, die gemessen am Fett-Eiweiß-Verhältnis in der Milch nicht in der Gefahr einer Azidose sind. Auch Yaakub et al. (1999) stellten schlechtere Spülergebnisse fest, wenn den Spendertieren große Mengen an Kraftfutter verabreicht wurden.

5.4 Genetische Einflüsse auf die Embryonenproduktion

Der genetische Einfluss auf die Merkmale der Embryonenproduktion auf der maternalen Seite liegt insgesamt im mittleren bis niedrigem Bereich, wobei dieser bei den Spenderkühen mit 22,4 % für das Merkmal „gespülte Eizellen/Embryonen“ am höchsten ist. Die Merkmale „unbefruchtete Eizellen“ und „taugliche Embryonen“ haben eine Heritabilität von ca. 10 %. In der Literatur findet man für die Merkmale „gespülte Eizellen/Embryonen“ Heritabilitäten von 10 % bis 34 % bei Holstein Friesian Kühen (Preisinger et al., 1990; Preisinger, 1993; Benyei et al., 2004). In diesem Rahmen bewegt sich die Heritabilität für dieses Merkmal bei der hier vorliegenden Untersuchung. Für das Merkmal der tauglichen Embryonen liegt die Heritabilität mit 9 % in einem Bereich, der eine Züchtung schwierig gestaltet. Allerdings beträgt die phänotypische und genetische Korrelation zwischen den Merkmalen „gespülte Eizellen/Embryonen“ und „tauglichen Embryonen“ 0,68 und 0,8. Für das Merkmal „taugliche Embryonen“ erzielt man einen 1,93-mal höheren Zuchtfortschritt, wenn man anstatt direkt auf das Merkmal „taugliche Embryonen“ auf

das Merkmal „gespülte Eizellen/Embryonen“ selektiert. Dies hängt zusammen mit der höheren Heritabilität für das Merkmal „gespülte Eizellen/Embryonen“ und der hohen Korrelation zwischen den beiden Merkmalen. Die heute üblichen MOET-Zuchtprogramme mit offenen Nukleusherden bieten die Möglichkeit, aus einer Vielzahl potentieller Donoren mit unterschiedlichem genetischen Potential auszuwählen. Neben der Milchleistung sollten auch die Merkmale der Embryonenproduktion berücksichtigt werden, um so die besten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Spülung zu schaffen. Nach den vorliegenden Ergebnissen sollte dabei nicht auf die Zahl der tauglichen Embryonen, sondern auf das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen selektiert werden, da so ein höherer Zuchtfortschritt für das Merkmal taugliche Embryonen erzielt wird. In geschlossenen MOET-Zuchtprogrammen, wie sie von Nicholas und Smith (1983) beschrieben wurden, würde die Anzahl der potentiellen Spendertiere erheblich eingeschränkt werden.

Die Wiederholbarkeit der Spülergebnisse mit 0,3 für „gespülte Eizellen/Embryonen“ und 0,25 für „taugliche Embryonen“ entspricht denen aus der Literatur (Preisinger, 1993). Insbesondere bei den Merkmalen „taugliche und [%]-taugliche Embryonen“ ist die Wiederholbarkeit deutlich höher als die Heritabilität. Daraus lässt sich ableiten, dass die Umwelt einen größeren Einfluss hat als von Echternkamp et al. (1990) ermittelt wurde, bei dem die Wiederholbarkeit gleich der Heritabilität war. Die Heritabilität des Merkmals „[%]-taugliche Embryonen“ entspricht der des Merkmals „taugliche Embryonen“. Außerdem besteht eine positive Korrelation zwischen diesen beiden Merkmalen, sowohl auf der phänotypischen als auch auf der genetischen Seite. Etwas anders sieht die Korrelation zwischen der Befruchtungsrate und den gespülten Eizellen/Embryonen aus. Die phänotypische Korrelation ist mit -0,07 nicht sehr ausgeprägt. Die genetische Korrelation ist mit -0,18 schon deutlich negativer. Bei Zucht auf das Merkmal „gespülte Eizellen/Embryonen“ wird die genetische Leistungsbereitschaft für die Befruchtungsrate sinken. Die Anzahl der tauglichen Embryonen wird demnach nicht in dem Maße mit ansteigen, wie dies bei der Zahl der gespülten Eizellen/Embryonen zu erwarten ist.

Nach den vorliegenden Ergebnissen ließe sich dennoch auf das Merkmal „gespülte

Eizellen/Embryonen“ selektieren. Mit einer höheren Spülrate für dieses Merkmal könnte auch die Anzahl tauglicher Embryonen gesteigert werden. Damit würde man auch die Grenze der Wirtschaftlichkeit zuverlässiger erreichen, selbst wenn die Anzahl nicht übertragungsfähiger Eizellen/Embryonen aufgrund der ebenfalls positiven genetischen und phänotypischen Korrelation zwischen diesen und dem Merkmal „gespülte Eizellen/Embryonen“ zunimmt. Wie schon erwähnt, ist die Befruchtungsrate negativ mit der Zahl der gespülten Eizellen/Embryonen korreliert. Der genetische Einfluss des Besamungsbullen ist mit einer Heritabilität zwischen 1 % und 5 % verschwindend gering, und er hat damit praktische keine Auswirkungen auf die Merkmale der Embryonenproduktion.

Den weitaus größten Teil der Gesamtvarianz nimmt dabei die Restvarianz ein. Preisinger (1993) erklärt, dass der größte Teil dieser Restvarianz im Betriebseffekt liegt, wobei dieser bei den hier vorliegenden Untersuchungen aus Gründen der Datenstruktur nicht gesondert berücksichtigt werden konnte. Eine Beschränkung auf Betriebe, bei denen drei oder mehr Tiere gespült wurden, hätten den zu analysierenden Datensatz auf ein Maß reduziert, der weiterführende genetische Analysen unmöglich gemacht hätte.

In der Regel sind weniger die Fruchtbarkeitsmerkmale als die Milchleistungsmerkmale das Hauptauswahlkriterium für Rinder der Rasse Dt. Holstein, die für den Embryotransfer vorgestellt werden. Aus diesem Grund wurden die einzelnen Milchleistungsmerkmale der ersten Laktation mit den Merkmalen der Embryonenproduktion korreliert. Für das Merkmal taugliche Embryonen und gespülte Eizellen/Embryonen liegen die genetischen Korrelationen bei -0,26 und -0,23. Das heißt: mit steigender genetischer Leistungsbereitschaft zur Milchproduktion sinkt die genetische Leistungsbereitschaft zur Embryonenproduktion. Grunert et al. (1999) begründen dies mit der Konkurrenz um Energie zwischen dem zentralen Nervensystem einschließlich Hypothalamus und Hypophyse und dem milchbildenden Drüsengewebe, da beide unter physiologischen Bedingungen ausschließlich Glucose als Energieträger verarbeiten. Energie, die der Milchbildung zur Verfügung steht, kann folglich nicht den zentralen Steuerungseinheiten (Hypothalamus/Hypophyse) der Fruchtbarkeit

bereitgestellt werden.

In der Genetik gibt es den Effekt der Pleiotropie. Dies beschreibt den Umstand, dass ein Genort zwei unterschiedliche Merkmale beeinflusst (Kräußlich, 1994), so dass ein Gen auch das eine Merkmal positiv und ein zweites Merkmal negativ beeinflussen kann. Weiterhin ist es möglich, dass Gene für zwei unterschiedliche Merkmale sehr eng gekoppelt sind und somit in der Regel gemeinsam vererbt werden. Solche Kopplungen können für ein Merkmal gewünschte Effekte mit sich bringen und gleichzeitig andere Merkmale negativ beeinflussen (Kräußlich, 1994). Die genetischen Korrelationen zwischen dem Merkmal Fettprozent und den Merkmalen der Embryonenproduktion sind mit Ausnahme der „degenerierten Embryonen“ zum einen negativ und zum anderen mit $>-0,1$ relativ gering. Die Korrelation mit dem Merkmal „degenerierte Embryonen“ ist positiv und mit 0,28 höher. Das heißt, dass die Zahl der „degenerierten Embryonen“ mit steigender genetischer Bereitschaft zu höheren Fettgehalten ansteigt, während sie für die meisten der übrigen Merkmale - wenn auch nur tendenziell - abnehmen wird. Grundsätzlich steigt mit einem steigenden Milchfettgehalt über die Norm von 4,8 % (Eicher, 2004) die Gefahr einer Ketose. Dies ist vor allem bei einem Mangel an Energie der Fall, die dann bei der Bildung von tauglichen Embryonen fehlt. Dadurch ist deren Vitalität beeinträchtigt. Aus genetischer Sicht können auch hier Gründe der Pleiotropie und Kopplung zur Geltung kommen (Kräußlich, 1994).

Ein ganz ähnliches Bild zeigt sich bei den prozentualen Eiweißgehalten und den Merkmalen der Embryonenproduktion. Die Korrelationen zwischen den Merkmalen der Fruchtbarkeit und dem prozentualen Eiweißgehalt ist nahe Null. Einzige Ausnahme ist die Korrelation zwischen dem prozentualen Eiweißgehalt und dem Merkmal „degenerierte Embryonen“. Auch hier ist davon auszugehen, dass mit steigender genetischer Leistungsbereitschaft zu höheren Eiweißgehalten in der Milch die Zahl der degenerierten Embryonen zunehmen wird. Die übrigen Merkmale werden nahezu unverändert bleiben.

Konkreter als mit den Korrelationen lässt sich der genetische Einfluss der Milchproduktion auf die Merkmale der Embryonenproduktion mit dem korrelierten Selektions-

erfolg darstellen. So nimmt die Zahl der gespülten Eizellen/Embryonen um 0,9 und die Anzahl der tauglichen Embryonen um 0,3 ab, wenn die Milchleistung gemessen an der 305-Tage Leistung um 1000 kg steigt. Lediglich mit einer Erhöhung des Eiweißgehaltes steigen die Merkmale der Embryonenproduktion durchgehend an. Dagegen sinkt die Anzahl der tauglichen Embryonen um 0,23 bei einem um 1 % gesteigerten Fettgehalt und um 0,75 bei einer Verbesserung des SCS um eine Einheit.

Mit steigender genetischer Bereitschaft zur Milchproduktion nimmt die Zahl der degenerierten Embryonen, also derjenigen, die zwar befruchtet wurden, aber nicht überlebensfähig waren, zu. Die Embryonen werden in verschiedene Qualitätsstufen eingeteilt. Hier sind die befruchteten Embryonen nur in taugliche oder degenerierte eingeteilt. In weiteren Analysen müssten bei den tauglichen Embryonen die unterschiedlichen Qualitätsstufen mit berücksichtigt werden. Der Anstieg der degenerierten Embryonen legt die Vermutung nahe, dass die Qualität der tauglichen Embryonen schlechter werden wird, da es zwischen exzellenten und degenerierten Embryonen graduelle Abstufungen gibt. Es könnten sich also alle Embryonen hin zu einer schlechteren Qualität verschieben, was dann letztlich den Anstieg der degenerierten Embryonen zur Folge hätte. Ein vergleichbares Bild ergibt sich bei der phänotypischen Korrelation zwischen Embryonenproduktionsmerkmalen und den Milchleistungsmerkmalen zum Zeitpunkt der Spülung. Auch hier ist mit steigender Milchleistung eine abnehmende Tendenz insbesondere an tauglichen Embryonen zu verzeichnen.

Die tendenziell negative genetische Korrelation zwischen der direkten Komponente (Spenderkühe) und der paternalen Komponente (Besamungsbullen) für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion zwischen $-0,05$ und $-0,10$ entspricht der von Pasmaan und Reinhardt (1998) ermittelten genetischen Korrelation zwischen der maternalen und paternalen Seite für das Merkmal „non return rate“ nach 90 Tagen mit $-0,05$. Allerdings ist diese Korrelation zu gering, um daraus eine Eignung von Zuchtbullen aus Embryotransfer bezüglich ihrer Fruchtbarkeit abzuleiten. Die Fruchtbarkeit eines Spenderbullen, der aus Embryotransfer stammt, wird praktisch nicht beeinflusst von der genetischen Veranlagung der genetischen Mutter zur

Embryonenproduktion.

5.5 Umwelteinflüsse auf die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer

5.5.1 Effekte zu den übertragenden Verbänden, der Transfersaison und der Laktationsnummer

Der Einfluss der Verbände auf die Kalbewahrscheinlichkeit ist signifikant. Die vergleichbaren Umweltbedingungen und die intensive Brunstbeobachtung bei der Zuchtorganisation 3 brachten keine besseren Abkalberaten bei dieser Zuchtorganisation verglichen mit den beiden anderen. Die häufigere Übertragung der Embryonen auf synchronisierte Empfängertiere bei den Zuchtorganisationen 3 und 4 beeinträchtigten die Abkalberaten nicht negativ. Daher ist davon auszugehen, dass die Synchronisation keine negative Auswirkung auf das Anwachsen der Embryonen hat. Diese Beobachtung deckt sich mit denen von Misra et al. (1999), die nach Transfer von Embryonen auf 52 Empfängertiere mit natürlicher Brunst und 39 Empfängertieren mit induzierter Brunst keine signifikanten Unterschiede feststellen konnten.

Die Abkalberaten in Abhängigkeit von den Saisonklassen, in denen die Embryonen transferiert wurden, brachten keine signifikanten Unterschiede hervor. Zwischen 35 % und 39 % der Empfängertiere, bei denen ein Embryo transferiert wurde, kalbten nach einer plausiblen Trächtigkeitsdauer ab. Damit scheint die Saison einen signifikanten Einfluss auf die Befruchtungsrate der Eizellen bei den Spendertieren zu haben, nicht aber auf die Anwachsrate bei den Empfängertieren. Daraus lässt sich ableiten, dass in saisonbedingten Fruchtbarkeitsproblemen eher die Befruchtung der Eizelle das Problem darstellt als die Einnistung des Embryos in die Gebärmutter.

Im Gegensatz zu der Transfersaison hat die Anzahl der Kalbungen vor dem Transfer einen hochsignifikanten Einfluss. Überraschenderweise kalben die Empfänger, die zuvor schon mal gekalbt haben, signifikant häufiger nach Transfer eines Embryos als Rinder, die vor dem Transfer noch nie gekalbt hatten. Damit können die Beobachtungen von Janowitz (1994) und Hasler (2001) nicht bestätigt werden, die signifikant

mehr Trächtigkeiten erzielen, wenn die Embryonen auf nullipare Tiere übertragen wurden. Die vorliegende Untersuchung basiert auf gut 85 % Rindern und nur knapp 14 % Kühen. Der Grund für die bessere Anwachsrate bei Kühen ist allerdings nicht in der von Newcomb und Rowson (1980) beschriebenen leichteren Zervixpassage zu suchen, denn die einzelnen Teams verfügen über ausreichend Erfahrung und Routine, weswegen die Zervixpassage kein Problem darstellt. Wahrscheinlich werden Kühe kritischer ausgewählt, da man um die schlechtere Fruchtbarkeit dieser Gruppe weiß. Durch die sorgsame Auswahl bei den Empfängerkühen kann der Effekt der schlechteren Fruchtbarkeit mehr als kompensiert werden.

5.5.2 Effekte der Rasse des Empfängers auf die Kalbewahrscheinlichkeit

Über 98 % der Empfängertiere gehören der Rasse Dt. Holstein an. Die übrigen knapp 2 % setzen sich aus den verschiedensten Rassen wie Fleckvieh, Rotvieh, Jersey und anderen zusammen. Auch Kreuzungstiere sind in dieser Gruppe. Diese ungleiche Verteilung der Rassen erklärt die deutlich höhere Standardabweichung der LSQ-Mittelwerte in der Gruppe, in der alle Rassen außer Dt. Holstein zusammengefasst sind. Aufgrund der Verteilung der unterschiedlichen Rassen und der Tatsache, dass praktisch nur zwei Zuchtverbände unterschiedliche Rassen als Empfängertiere hatten, ist die Interpretation bezüglich der Eignung unterschiedlicher Rassen als Empfängertiere sehr schwierig, wenn nicht sogar unmöglich. Hasler (2001) stellte keine Unterschiede in den Trächtigkeitsraten bei Empfängertieren unterschiedlicher Nutzungsrichtungen (Milch- oder Fleischrassen) fest. Allerdings war die Trächtigkeitsrate nach Embryotransfer bei laktierenden Milchkühen signifikant schlechter als bei Milchrindern oder Fleischrasssekühen oder –rindern.

5.5.3 Effekte von Qualität und Entwicklung der Embryonen

Die in dieser Untersuchung beobachteten Anwachs- bzw. Abkalberaten in Abhängigkeit der Qualitätsstufe decken sich auch mit den Beobachtungen von Donaldson

(1985), bei dem die Trächtigkeitsraten nach Embryotransfer in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium und der Qualität zwischen knapp 60 % für die besten und 12 % bis 30 % für die qualitativ schlechtesten Embryonen betrugen.

Wie auch bei der Untersuchung von Spell et al. (2001) konnten zwischen den Qualitätsstufen 1 und 2 keine signifikanten Unterschiede in der Trächtigkeitsrate bzw. Abkalberate festgestellt werden.

Einen etwas geringeren, aber immer noch signifikanten Einfluss auf die Kalbewahrscheinlichkeit nach Embryotransfer hat das Entwicklungsstadium des Embryos. Aufgrund der Datenstruktur wurden die Entwicklungsstadien in drei Klassen eingeteilt. Wie auch von Maag (2002) beschrieben, sind Morulae die am häufigsten vorkommenden Stadien, die man nach Spülungen am Tag 7 findet. Dabei hatten Morulae und frühe Blastozysten gleich gute Kalberaten. Nach Transfer von Blastozysten wurden signifikant weniger Kälber innerhalb einer plausiblen Trächtigkeitsdauer geboren. Dies deckt sich nicht vollständig mit den Beobachtungen früherer Untersuchungen, bei denen die besten Trächtigkeitsraten nach Transfer von frühen Blastozysten beobachtet wurden (Donaldson, 1985; Putney et al., 1988a). Eine mögliche Ursache könnte in den unterschiedlichen Einteilungen der einzelnen Gruppen liegen. Während für gewöhnlich die Entwicklungsstadien in fünf Klassen eingeteilt werden (Stringfellow und Seidel, 1998), konnten aufgrund der vorliegenden Datenstruktur nur drei Klassen berücksichtigt werden. Außerdem haben andere Autoren wie Donaldson (1985) die Trächtigkeitsrate nach Embryotransfer untersucht, nicht aber wie hier die Abkalberate. Ob und wie das Entwicklungsstadium die Abkalberate nach Embryotransfer beeinflusst, sollte in weiterführenden Untersuchungen analysiert werden. Coleman et al. (1987) stellten keinen signifikanten Einfluss des Entwicklungsstadiums auf die Trächtigkeitsrate nach Embryotransfer fest. Allerdings verzeichneten auch sie mit fortschreitender Entwicklung der Embryonen tendenziell schlechtere Trächtigkeitsraten. Abgesehen von den ersten beiden Klassen, bei denen die Kalberaten nach Embryotransfer gleich sind, nahmen die Kalberaten nach Embryotransfer von expandierten Blastozysten auch hier deutlich ab. Die besseren Trächtigkeitsraten nach Transfer von Blastozysten im Gegensatz zu Morulae erklären die Autoren

mit einer Entwicklungsverzögerung der Morulae zum Zeitpunkt der Spülung. Am Tag sieben nach der Besamung seien eigentlich Blastozysten zu erwarten. Außerdem ist eine qualitative Beurteilung der Morulae schwieriger als die qualitative Beurteilung der Blastozysten.

5.5.4 Genetischer Einfluss auf die Anwachsrate

Der genetische Einfluss auf die Anwachsrate der Embryonen bei den Empfängertieren liegt bei 5 % bis 6 % und entspricht dabei den normalen Fruchtbarkeitsmerkmalen des Rindes (Jamrozik et al., 2005). Damit befindet er sich in einer Größenordnung wie für die Befruchtungsrate der Embryonen und die Anzahl der tauglichen Embryonen aus der vorliegenden Untersuchung. Allerdings ist die Wiederholbarkeit geringer als dies bei den Merkmalen der Embryonenproduktion der Fall ist. Damit hat die Umwelt eines Empfängertieres einen deutlich geringeren Einfluss auf die Fruchtbarkeit, als dies bei den Spendertieren der Fall ist. Natürlich wird während des ganzen Prozesses der Embryonenproduktion, -gewinnung und des Transfers mehr an den Spendertieren gearbeitet, als dies bei den Empfängertieren der Fall ist. Des Weiteren darf man nicht außer Acht lassen, dass in einer Zuchtorganisation ein Trägartierstall vorhanden war, auf dem für die Empfängertiere annähernd gleiche Bedingungen geherrscht haben. Durch die damit verbundene Reduzierung der Variabilität reduziert sich der Einfluss der Umwelt auf die Fruchtbarkeit bei den Empfängertieren zusätzlich.

Mit der Schätzung der Korrelation zwischen den Spender- und Empfängertieren kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob gute Spendertiere einer Generation gute Empfängertiere in der nächsten Generation hervorbringen können, um auf diese Art Trägartierherden mit einer höheren Anwachsrate von Embryonen zu züchten, als dies bisher der Fall war. Während zwischen der maternalen Seite und der Empfängertierseite mit -0,004 praktische keine genetische Korrelation besteht, ist diese zwischen der paternalen Seite und den Empfängertieren mit -0,46 deutlich höher. Bullen, die fruchtbare Empfängertiere hervorbringen, sind tendenziell nicht die bestgeeigneten Väter für vitale Embryonen. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass der

Anteil der Varianz des Spenderbullen an der Gesamtvarianz der unterschiedlichen Fruchtbarkeitsmerkmale sehr gering ist, so dass sich bei strenger Selektion praktisch kein Zuchtfortschritt einstellen dürfte.

6 Schlussfolgerungen

Die erfolgreiche Gewinnung von tauglichen Embryonen und deren weitere Entwicklung zu einem vitalen Kalb werden von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren beeinflusst.

Dabei sind viele Umwelteffekte, wie das zur Superovulation verwendete Hormon oder das Management auf den Betrieben oft mit vertretbarem Aufwand beeinflussbar, was hilft, die Spülergebnisse zu verbessern. Für eine gute Spülleistung ist es essentiell, insbesondere bei der Auswahl des Hormons, Voraussetzungen zu schaffen, die eine optimale Vorbereitung und Superovulation der Tiere ermöglichen. Die besten Spülergebnisse werden zwischen dem 50. und 150. Laktationstag der dritten Laktation erzielt, wenn die Spenderkuh mit Folltropin®-V superovuliert wird.

Zwar sinken die Spülergebnisse mit steigender Milchleistung, allerdings dient die Milchleistung zum Zeitpunkt der Spülung nur bedingt als Parameter für eine Vorhersage über das zu erwartende Spülergebnis. Anders sieht es bei Milchleistungsparametern aus, die Rückschlüsse auf die Stoffwechselsituation der Spenderkuh zulassen. Die Spenderkühe sollten sich vor Beginn der Spülung in einer anabolen Stoffwechselsituation befinden, ohne zu hohe Harnstoffkonzentrationen in der Milch zu haben. In dieser Situation lassen sich die meisten tauglichen Embryonen gewinnen.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich bei konsequenter züchterischer Arbeit die Spülergebnisse verbessern lassen, vor allem, wenn man nicht direkt auf taugliche Embryonen, sondern auf das Merkmal gespülte Eizellen/Embryonen selektiert. Mit steigendem genetischen Potential zur Milchproduktion sinkt die Bereitschaft der Spenderkühe zur Embryonenproduktion. Die genetischen Korrelationen zwischen den Milchleistungsmerkmalen und den Merkmalen der Embryonenproduktion sind klein, mit steigender genetischer Leistungsbereitschaft zur Milchproduktion wird jedoch eine erfolgreiche Spülung schwieriger werden. Diesen Interessenskonflikt zwischen hochleistungsfähigen Milchkühen und guten Spenderkühen gilt es in modernen Zuchtprogrammen stets im Auge zu halten.

Der Einfluss des Besamungsbullen auf das Spülergebnis und die Vitalität des Embryos ist vernachlässigbar.

Bei der Auswahl der Empfängertiere ist in erster Linie auf einen unauffälligen Befund der Reproduktionsorgane und einen ungestörten Zyklus zu achten. Bei strenger Auswahl eignen sich auch Kühe als Trägartiere, auch wenn man Rinder bevorzugen sollte. Erwartungsgemäß ist die Wahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer von frischen und qualitativ guten Embryonen am höchsten. Die Möglichkeiten der Zucht auf fruchtbare Empfängertiere sind begrenzt. So lange nicht reine Nukleuszuchtprogramme etabliert werden, ist die Zucht von reinen Trägartierherden eher von akademischem Interesse, da in der Regel ausreichend viele Trägartiere auf einem Betrieb zur Verfügung stehen.

MOET ist heute in modernen Milchviehzuchtprogrammen ein fester Bestandteil, wobei in der Regel offene Nukleuszuchtprogramme zur Anwendung kommen. Auf diese Weise wird die Inzucht kontrolliert, die sonst in kleinen geschlossenen Nukleuszucht-herden ein problematisches Niveau erreichen kann. Allerdings wird die Nachkommenprüfung im Feld auf absehbare Zeit nicht durch reine auf MOET basierende Nukleuszuchtprogramme zu ersetzen sein, da die Ergebnisse aus ET auch über 20 Jahre nach der Einführung zu schlecht vorhersagbar sind und die genetisch interessanten Spenderkühe alleine nicht in der Lage sind, die notwendige Anzahl an Nachkommen zu produzieren.

Für künftige Auswertungen sollte darauf geachtet werden, ein in Inhalt, Umfang und Qualität vergleichbares Datenerfassungssystem zu etablieren, damit mehr Informationen in den Auswertungen berücksichtigt werden können. Außerdem ist der Verlust an Beobachtungen (Spülungen und Transfers) durch unterschiedliche Erfassungssysteme auf diese Weise zu minimieren.

7 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, die genetischen und umweltbedingten Einflussfaktoren auf die Merkmale der Embryonenproduktion (gespülte Eizellen/Embryonen = GE, taugliche Embryonen = TE, degenerierte Embryonen = DE und unbefruchtete Eizellen = UE) bei Dt. Holstein zu quantifizieren. Als fixe Effekte wurden das zur Superovulation verwendete Hormon, der Zuchtverband, die Spülsaison und die Laktationsnummer des Spendertieres zum Zeitpunkt der Spülung berücksichtigt. Die Spenderkuh und deren permanente Umwelt sind mit in die Modelle eingeflossen. Der Spenderbulle wurde für die Merkmale TE, DE und UE als zufälliger Anpaarungspartner berücksichtigt. Für die Analysen der fixen Effekte wurden 4996 Spülungen ausgewertet. Bei den genetischen Schätzungen waren dies 3006 Spülungen.

Zusätzlich wurden die genetischen und umweltbedingten Einflussfaktoren für eine Kalbung nach Embryotransfer (ET) analysiert. Hier wurden der übertragende Zuchtverband, die Transfersaison, die Anzahl der Kalbungen des Empfängers vor dem Transfer, die Rasse des Empfängers, der Zustand des Embryos (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) sowie die Qualität und Entwicklungsstufe des Embryos berücksichtigt. Dabei lagen 7320 Beobachtungen für die fixen Effekte und 6533 Beobachtungen für die genetischen Analysen vor.

Schließlich wurde in einem synergistischen Modell das Zusammenspiel aller genetischen Partner (Spenderkuh, Spenderbulle, Embryo und Empfängertier) analysiert, die an der Entstehung eines Kalbes beteiligt sind.

Das zur Superovulation verwendete Hormon hat einen hochsignifikanten Einfluss auf das Spülergebnis. Dabei waren die Least Square Mittelwerte (LSQ-Mittelwerte) nach Folltropin[®]-V Einsatz mit 10,00 GE und 5,23 TE am höchsten. Die schlechtesten Ergebnisse wurden unter Verwendung von PMSG (GE 7,59 TE 3,94) erzielt. Wurde ein anderes FSH Präparat als Folltropin[®]-V verwendet, lagen die Spülergebnisse für GE bei 9,24 und TE 4,65. Mit einer Kombination von FSH und PMSG konnten durchschnittlich GE 8,99 und TE 4,57 gewonnen werden.

Die Laktationsnummer hat bei den Merkmalen TE und UE einen signifikanten Einfluss. Dabei steigt die Anzahl tauglicher Embryonen bis zur dritten Laktation an und fällt anschließend ab. Die Anzahl der UE steigt mit zunehmender Laktationsnummer. Die Verbände haben einen signifikanten Einfluss auf alle Merkmale der Embryonenproduktion. Die Spülsaison hat nur bei dem Merkmal UE einen signifikanten Einfluss. Dabei werden in den Monaten September bis November signifikant mehr UE gewonnen als in den übrigen Jahreszeiten.

Alle Merkmale der Embryonenproduktion sinken mit steigender Milchleistung zum Zeitpunkt der Spülung, wobei dieser Effekt nur bei den GE und den UE signifikant ist. Allerdings werden die besten Spülergebnisse zwischen dem 50. und 149. Laktationstag erzielt (GE: 10,13; TE: 5,50). Mit fortschreitender Laktationsdauer sinken die Merkmale der Embryonenproduktion. Am Ende der Laktationsperiode (ab dem 349. Laktationstag) fällt die Zahl der GE mit 7,62 und der TE mit 3,47 deutlich ab. Die Anzahl der Spülungen pro Laktation hat keinen signifikanten Einfluss auf die Merkmale der Embryonenproduktion.

Das Harnstoff-Eiweiß-Verhältnis in der Milch zum Zeitpunkt der Spülung hat einen signifikanten Einfluss auf die TE. Normalerweise wird ein Harnstoffgehalt in der Milch zwischen 150 und 300 ppm bei einem Eiweißgehalt von über 3,2 % angestrebt. Allerdings werden die meisten TE gespült, wenn die Spendertiere zum Zeitpunkt der Spülung in einer Energieüberschusssituation sind.

Die Heritabilität für die GE liegt mit $0,22 \pm 0,04$ im mittleren Bereich. Für die TE ist dies bei $0,089 \pm 0,03$. Die Heritabilität für die UE liegt bei $0,12 \pm 0,03$. Am niedrigsten ist die Heritabilität für die DE mit $0,016 \pm 0,02$. Die genetische und phänotypische Korrelation zwischen den GE und TE beträgt $0,8 \pm 0,08$ und 0,68. Aufgrund dieser Korrelationen und der höheren Heritabilität für die GE ist der korrelierte Zuchtfortschritt für das Merkmal TE 1,93-mal höher als bei direkter Selektion auf TE.

Zusammenfassend kann man sagen, dass mit steigender Milchleistung die genetische Leistungsbereitschaft zur Embryonenproduktion sinkt. Die Korrelationen zwi-

schen der 305-Tageleistung in der ersten Laktation und den GE, TE, DE und UE beträgt $-0,23 \pm 0,071$, $-0,26 \pm 0,086$, $-0,25 \pm 0,13$ und $-0,15 \pm 0,13$. Die genetischen Korrelationen zwischen den Merkmalen der Embryonenproduktion und den übrigen Milchleistungsmerkmalen wie Fettprozent, Eiweißprozent und SCS sind ebenfalls negativ, allerdings auf niedrigerem Niveau. Eine Ausnahme bildet das Merkmal DE. Mit steigender genetischer Leistungsbereitschaft zu höheren Milchinhaltsstoffen (Fettprozent und Eiweißprozent) steigt die genetische Leistungsbereitschaft für das Merkmal DE.

Grundsätzlich gilt, dass eine erfolgreiche Spülung von einer Vielzahl genetischer und phänotypischer Faktoren abhängt. Aufgrund der vorgestellten Resultate befindet sich die ideale Spenderkuh in einer anabolen Stoffwechselsituation am Anfang der dritten Laktation. Zur Superovulation wird Folltropin®-V eingesetzt.

Prinzipiell lässt sich durch konsequente Zucht die Anzahl der TE steigern. Dies gelingt am effizientesten, wenn man auf das Merkmal GE selektiert. Allerdings wird es mit zunehmender genetischer Leistungsbereitschaft zur Milchproduktion schwieriger gute Spülergebnisse zu erzielen.

Auf die Wahrscheinlichkeit einer Kalbung nach ET haben mehrere Umweltfaktoren wie der Verband, die Anzahl Kalbungen des Empfängertieres vor dem ET, der Zustand (frisch oder tiefgefroren/aufgetaut) des Embryos, die Qualität des Embryos und das Entwicklungsstadium einen signifikanten Einfluss. Die Transfersaison und die Rasse des Empfängertieres haben keinen signifikanten Einfluss auf eine Kalbung nach ET. Die LSQ-Mittelwerte für die Abkalberaten der einzelnen Umwelteffekte schwanken alle zwischen 33 % und 40 %.

Die Heritabilität für die Anwachsrate beträgt $0,056 \pm 0,03$ und liegt damit im Bereich anderer Fruchtbarkeitsmerkmale beim Rind. Die Vitalität eines TE wird nicht von der Spenderkuh und dem Spenderbullen beeinflusst. Das heißt, dass der genetische Einfluss der Spendertiere auf die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer eines tauglichen Embryos praktisch keine Rolle spielt. Die genetische Korrelation

zwischen dem Spenderbullen und dem Empfängertier liegt bei -0,46. Das heißt, dass Bullen, die fruchtbare Empfängertiere hervorbringen, nicht unbedingt viel taugliche Embryonen produzieren.

Aufgrund der Zuchtstrukturen in Rinderzuchtprogrammen und der relativ geringen Heritabilität für das Merkmal „Kalbung nach Embryotransfer“ scheint derzeit eine Zucht auf gute Empfängertiereigenschaften nicht angezeigt, da in der Regel genügend Empfängertiere auf den Zuchtbetrieben vorhanden sind und der Zuchtfortschritt aufgrund der geringen Heritabilität sich erst langsam einstellen dürfte.

8 Summary

The aim of this study was the investigation of genetic and environmental effects on embryo production traits. This was done for the four traits flushed oocytes (FO), transferable embryos (TE), degenerated embryos (DE) and unfertilized oocytes (UO). As fixed effects the hormone for super ovulation, the breeding organisation, the season and the number of lactation were considered. The donor and her permanent environment were accounted for in the models. For the criteria TE, DE and UO the donor bull was considered as a random mate. The fixed effects were estimated on 4996 observations. For the genetic analyses 3006 observations were considered.

Additionally, the genetic and environmental effects for the trait “successful calving after embryo transfer (ET)” was analysed. The transferring breeding organisation, the season of transfer, the recipient's breed, the embryo's condition (fresh or frozen/thawed) and the embryo quality and development stage were considered as fixed effects. 7320 observations for the fixed effects were considered and 6533 observations for the genetic estimations were used.

Finally the interactions of all individuals (i.e. donor cow, donor bull, embryo, recipient) contributing to the development of a calf after ET was analysed with a synergistic model.

A highly significant effect on the flushing results was found for the hormone used for super ovulation. The least square means were highest using Folltropin®-V with 10,00 FO and 5,23 TE. Using PMSG led to the lowest results with 7,59 FO and 3,94 TE. For the other FSH hormones apart from Folltropin®-V the flushing results were 9,24 for FO and 4,65 for TE. The combination of FSH and PMSG yielded on average in 8,99 FO and 4,57 TE.

A significant influence of the lactation number was found for TE and UO. The number of TE reaches the maximum in the third lactation and is decreasing thereafter. With increasing lactation number the UO are increasing.

The breeding organisation has a significant influence on all traits of embryo production, whereas the flushing season only influences the number of UO. For the time period from September to November a significant higher fraction of UO was found.

All four investigated traits are decreasing with increased milk production at the time of the flushing. However, a significant reduction was only found for the traits FO and UO. The best flushing results were found between the 50th and the 149th lactation day (FO10,13; TE 5,50). The number of oocytes is decreasing for the four traits with advanced lactation. At the end of the lactation (i.e. after the 349th lactation day) the numbers of FO and TE have decreased remarkably with 7,62 and 3,47 oocytes, respectively. No effect was found for the number of flushing per lactation.

The urea-protein ratio of the milk at flushing influenced the number of TE. The ideal interval lies between 150 and 300 ppm urea content with 3,2 % protein. However the most TE got flushed from donors with contents reflecting an excess of energy.

The estimated heritability for FO was $0,22 \pm 0,04$, thus in the middle range. The heritability for TE was lower with $0,09 \pm 0,04$. The lowest heritability was estimated for the number of DE with $0,02 \pm 0,02$. The genetic and phenotypic correlation between FO and TE was 0,80 ($\pm 0,08$) and 0,68 respectively. Based on the higher heritability for FO than for TE and the remarkable genetic correlation selection on FO results in a correlated selection gain for TE which is 1,93 times the direct selection gain.

In principle the genetic disposition for embryo production is decreasing with increasing milk yield. The correlations between 305-day-yield of the first lactation and FO, TE, DE and UO, respectively were $-0,23 \pm 0,07$, $-0,26 \pm 0,09$, $-0,25 \pm 0,13$ and $-0,15 \pm 0,13$. Negative correlations were found to other milk production traits (e.g. fat percent, protein percent, SCS) but at a lower level. An exception was found for DE, in that the genetic disposition for DE is increasing with increasing genetic disposition for fat and protein contents in the milk.

A successful flushing depends on several genetic and environmental factors. Based

on the presented results the ideal donor is a cow at the beginning of the third lactation and in an anabolic energetic situation. The use of Folltropin®-V is recommended to induce super ovulation.

The number of TE can be increased with consequent breeding. The highest selection gain can be reached with selection on FO. However, with increasing genetic potential for milk production traits the flushing results will degrade.

The probability for calving after ET is influenced by several environmental factors like the breeding organisation, the number of calving before embryo transfer, the condition of the embryo (fresh or frozen/thawed), the quality of the embryo and the development stage of the embryo. No significant effect was found for the breed of the recipient and the transfer season. The least square means for the calving rates of the significant environmental effects range between 33 % and 40 %.

The heritability for the adhesion rate lies with $0,06 \pm 0,03$ in the range of other fertility traits in cattle. The vitality of a TE is not influenced by the donor cow and the donor bull. Thus, the genetic contribution of the donors on the calving rate after embryo transfer is negligible. The genetic correlation between the donor bull and the recipient is -0,46. This leads to the conclusion, that bulls inheriting good recipient qualities tend to inherit the disposition for low TE. Normally the number of available recipients is not limited in practice. Based on the structures in breeding programs and the low heritability for the calving rate breeding on good recipient ability does not seem to be essential.

9 Anhang

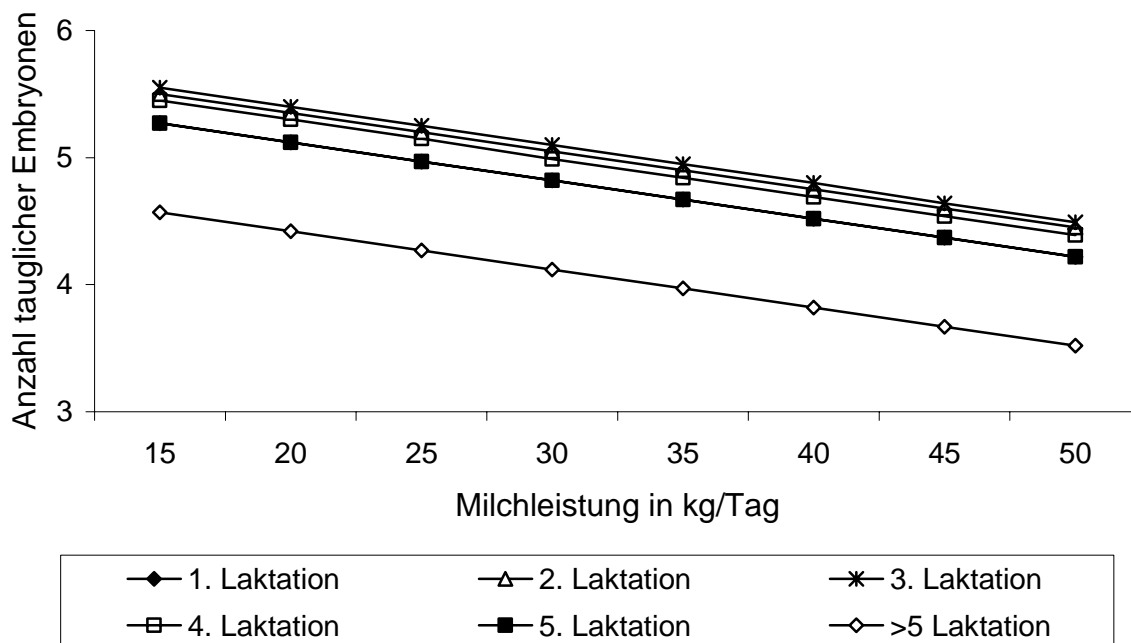


Abbildung 28: Anzahl tauglicher Embryonen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer

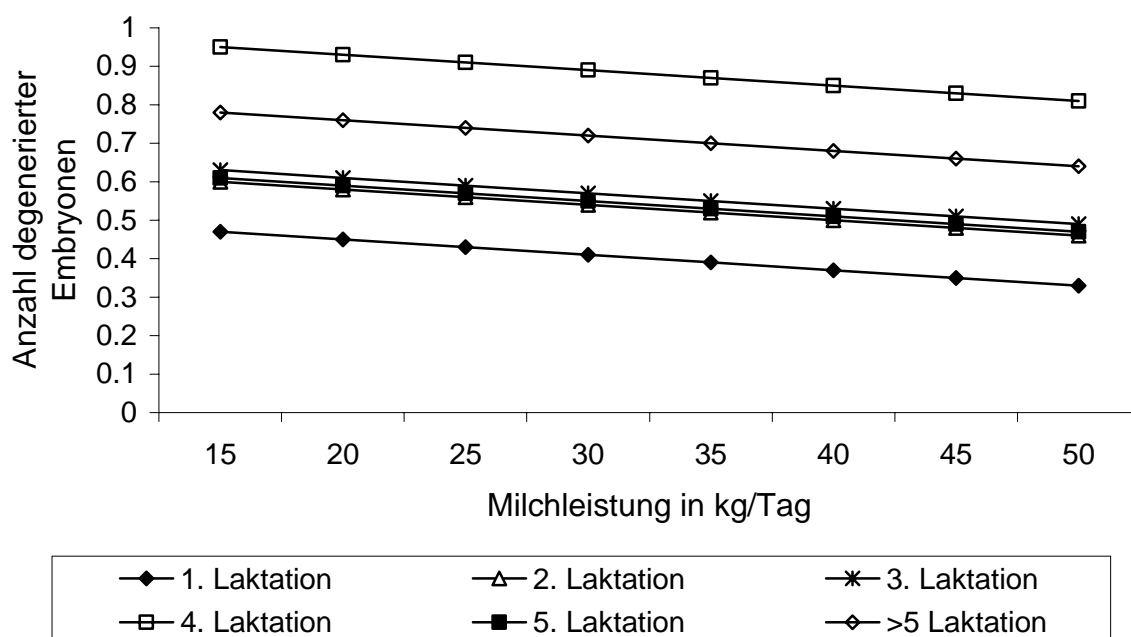


Abbildung 29: Anzahl degenerierter Embryonen in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Laktationsnummer

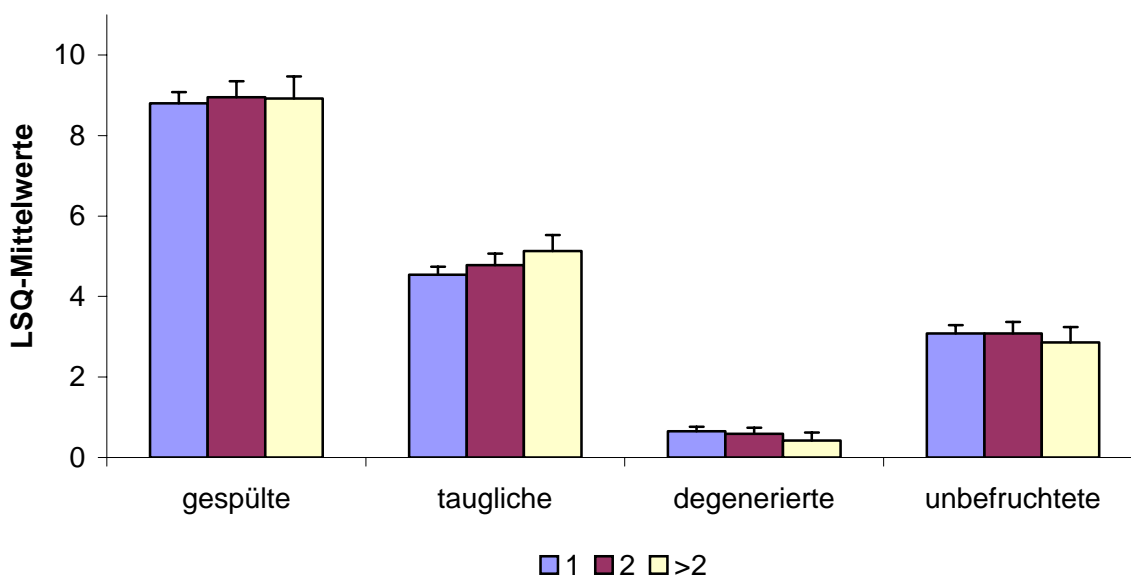


Abbildung 30: LSQ-Mittelwerte ± Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion innerhalb der Anzahl Spülungen pro Laktation

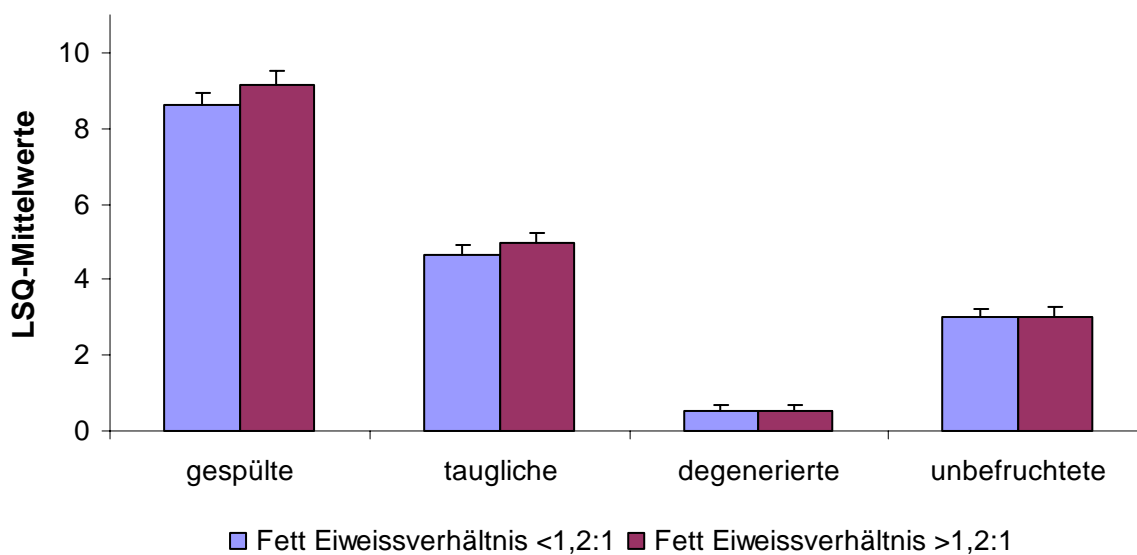


Abbildung 31: LSQ-Mittelwerte ± Standardfehler für die einzelnen Merkmale der Embryonenproduktion innerhalb der Fett-Eiweiß-Verhältnisse

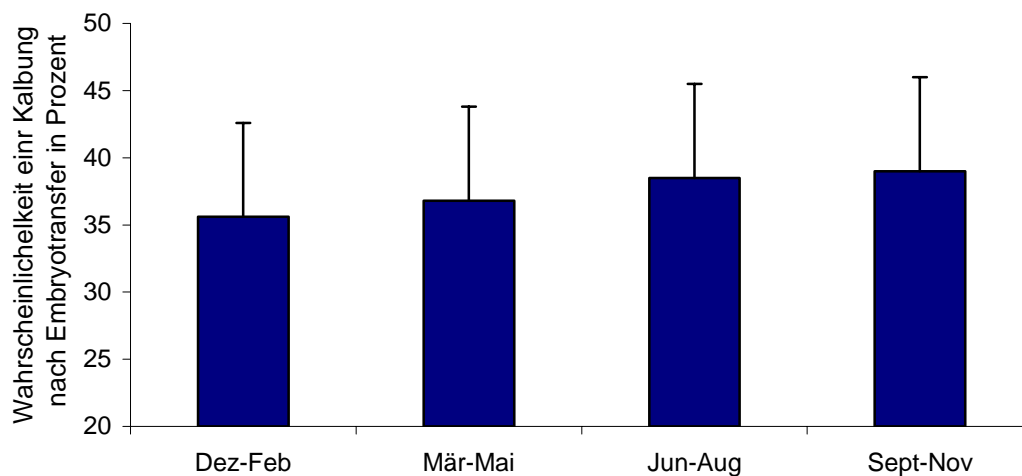


Abbildung 32: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der einzelnen Saisonklassen

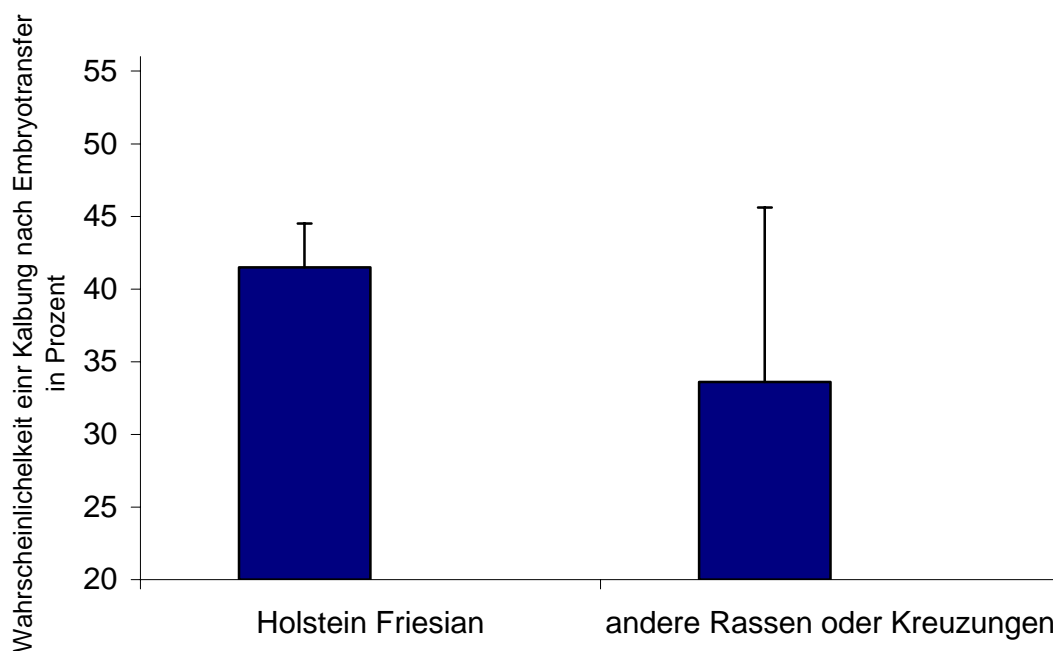


Abbildung 33: LSQ-Mittelwerte \pm Standardfehler für die prozentuale Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kalbung nach Transfer in Abhängigkeit der Rassen

Bezirksregierung Weser-Ems • 26106 Oldenburg

Bezirksregierung
Weser-Ems

Herrn
Prof. Dr. H. Simianer
Georg-August-Universität Göttingen
Fakultät Agrarwissenschaften
Institut für Tierzucht und Hautiergenetik
Albrecht Thaer-Weg 3
37075 Göttingen

Herrn
Dr. J. Detterer
Verein Ostfriesischer Stammviehzüchter eG
Besamungs- und ET-Station Georgsheil
Am Bahndamm 4
26624 Südbrookmerland

Frau Dr. G. Kniep
Osnabrücker Herdbuch eG
Ochsenweg 40-42
49324 Melle-Föckinghausen

Herrn
Dr. H. Melbaum
Weser-Ems-Union
Besamungsstation Eltern
Feldstraße 22
49740 Haselünne

Herrn
Tierarzt M. Gehring
Tierärztliche Gemeinschaftspraxis
Dr. E. Hoffmeister / M. Gehring
In der Hameke 11
34431 Marsberg 1

Bearbeitet von
Frau Dr. Kleiminger
Telefax:
(04 41) 7 99-6 2633
Email:
Elke.Kleiminger@br-we.niedersachsen.de

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht
vom

Mein Zeichen (Bitte bei Antwort
angeben)

509.e1-41311-02 bzw. 05 bzw.

Durchwahl

(04 41) 7 99-2633

Oldenburg

02.12.2003

Gewährung einer Ausnahme gemäß § 73 (2) Nr. 2 Arzneimittelgesetz (AMG) vom Verbringungsverbot des § 73 (1) AMG

Einfuhr von Foltropin -V® (Fa. Bioniche) aus Kanada;

Mein Bescheid vom 16.09.2003

Sehr geehrter Herr Prof. Simianer, sehr geehrter Herr Dr. Detterer, sehr geehrte Frau Dr. Kniep, sehr geehrter Herr Dr. Melbaum, sehr geehrter Herr Gehring,

Bezug nehmend auf den Antrag von Herrn Prof. Dr. H. Simianer sowie Herrn Martin Gehring vom 12.10.2003, der mir mit Schreiben des Regierungspräsidiums Kassel vom 14.11.2003 übersandt wurde, ändere ich Punkt 3 der Nebenbestimmungen meines Bescheides vom 16.09.2003 wie folgt¹:

3. Das o. a. Tierarzneimittel darf nur über das Zollamt Emden eingeführt werden und muss anschließend in die tierärztliche Hausapotheke des Stationstierarztes der Embryotransfereinrichtung des Vereins Ostfriesischer Stammviehzüchter eG Herrn Dr. J. Detterer, in 26624 Südbrookmerland - Georgsheil - Am Bahndamm 4 verbracht werden.

Von hieraus wird das Arzneimittel an die ebenfalls am Forschungsvorhaben beteiligten tierärztlichen Hausapotheken der Stationstierärztin der Embryotransfereinrichtung der Osnabrücker Herdbuch eG Frau Dr. G. Kniep in 49324 Melle-Föckinghausen, Ochsenweg 40-42 bzw. des Stationstierarztes Herrn Dr. H.

¹ Die Änderungen sind zur besseren Übersicht mittels **Fettdruck** hervorgehoben

H: TIERARZNEIMITTEL/TIERÄRZTLICHE HAUSAPOTHEKEN/DETTERER/FSH_SIMIANER_HOFFMEISTER_GEHRING/20031128 FSH AUSNAHME § 73 (2) NR. 2 AMG

Dienstgebäude
Hindenburgstraße 30
26122 Oldenburg

Besuchszeiten
Mo. - Fr. 9 - 12 Uhr
Di. und Do. auch 14 - 15.30 Uhr
Besuche bitte möglichst vereinbaren

Telefon
(04 41) 7 99-0
Telefax
(04 41) 7 99-20 04
(04 41) 7 99-6 21 37

Paketanschrift
Theodor-Tantzen-Platz 8
26122 Oldenburg
Briefanschrift
Siehe o.a. Absenderangabe

Bankverbindung
Konto-Nr. 1 900 151 647
NordLB (BLZ 250 500 00)
Email
Poststelle@br-we.niedersachsen.de
Http://www.weser-ems.de

- 2 -

Melbaum der Embryotransfereinrichtung der Weser-Ems-Union in 49740 Haselünne, Feldstraße 22 **sowie der Tierärztlichen Gemeinschaftspraxis der Herren Dr. E. Hoffmeister und M. Gehring, in der Hameke 11, 34431 Marsberg 1, die zugleich Betreiber der Embryotransfereinrichtung mit der Zulassungsnummer D-ETR 017-EWG sind**, abgegeben.

Die Anzahl der abgegebenen „Folltropin-V®“-Packungen an Frau Dr. Kniep, Herrn Dr. Melbaum **bzw. die Gemeinschaftspraxis Dr. E. Hoffmeister / M. Gehring** sowie das Abgabedatum sind durch Herrn Dr. Detterer aufzuzeichnen.

Die Erweiterung dieses Bescheides durch die Bezirksregierung Weser-Ems auf die Tierärztliche Hausapotheke der Tierärztlichen Gemeinschaftspraxis Dr. E. Hoffmeister / M. Gehring – im Zuständigkeitsbereich des Regierungspräsidiums Kassel – erfolgt in Absprache mit dieser Behörde vom 14.11.2003 sowie nach Zustimmung von Herrn Dr. Detterer, Frau Dr. Kniep und Herrn Dr. Melbaum vom 29.11.2003.

Meinen Bescheid vom 16.09.2003 füge ich nur der Ausfertigung für die Tierärztliche Gemeinschaftspraxis Dr. E. Hoffmeister und M. Gehring bei.

Das Regierungspräsidium Kassel erhält ein Durchschrift dieses Schreibens nebst meines Bescheides vom 16.09.2003.

Kosten:


Dieser Bescheid ist kostenpflichtig. Über die Höhe der Kosten ergeht an die Antragsteller Herrn Prof. Simianer sowie Herrn Gehring ein gesonderter Bescheid.

Rechtsbehelfsbelehrung:

Gegen diesen Bescheid kann innerhalb eines Monats nach Bekanntgabe Widerspruch erhoben werden. Der Widerspruch ist schriftlich bei der Bezirksregierung Weser-Ems, 26106 Oldenburg, oder bei der Bezirksregierung Weser-Ems, Außenstelle Osnabrück, Postfach 3569, 49025 Osnabrück, einzulegen.

Die Frist ist auch gewahrt durch Einlegung eines Widerspruchs zur Niederschrift bei der Bezirksregierung Weser-Ems, Theodor-Tantzen-Platz 8, Oldenburg oder bei der Bezirksregierung Weser-Ems, Außenstelle Osnabrück, Heger-Tor-Wall 18, in Osnabrück.

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrage


Dr. Kleiminger

10 Literaturverzeichnis

- ADR** (2004). Rinderproduktion in der Bundesrepublik Deutschland. Jahresbericht der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.: 45.
- Ali, A.K.A. und G.E. Shook** (1980). An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *J. Dairy Sci.* **63**: 487-490.
- Almeida, A.P.** (1987). Superovulation in cattle: A combined treatment using Syncromate B with either PMSG or FSH. *Theriogenology* **27**: 203.
- Ambrose, J.D., M. Drostm, J.L. Monson, J.J. Rutledge, M.L. Leibfried-Rutledge, M.-J. Thatcher, T. Kassa, M. Binelli, P.J. Hansen, P.J. Chenoweth und W.W. Thatcher** (1999). Efficacy of timed embryo transfer with fresh and frozen in vitro produced embryos to increase pregnancy rates in heat-stressed dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **82**: 2369-2376.
- Barth, T.** (1991). Ergebnisse von Untersuchungen an ETR-Donoren - Progesteronprofile, Stoffwechsel- und Milchleistungsparameter. *Reprod. in Dom. Anim.* **26**: 208 (Abstr.).
- Benyei, B., A. Gaspard, I. Komlosi und A. Pecsí** (2004). Repeatability and Heritability of Ovulation Number and Embryos in Dam-daughters Pairs in Superovulated Holstein-Friesian Cows. *Reprod. in Dom. Anim.* **39**: 99-102.
- Boland, M.P., D. Goulding und J.F. Roche** (1991). Alternative Gonadotrophins for Superovulations in cattle. *Theriogenology* **35**: 5-17.
- Bostedt, H.** (2003). Fruchtbarkeitsmanagement beim Rind. Frankfurt am Main, DLG-Verlag.
- Box, G.E.P. und D.R. Cox** (1964). An analysis of transformations. *J. Roy. Stat. Soc.* **26**: 211-243.
- Broadbent, P.J., M. Sewart und D.F. Dolman** (1991). Recipient management and embryo transfer. *Theriogenology* **35**: 125-139.
- Callesen, H., A. Bak und T. Greve** (1994). Embryo recipients: dairy cows or heifers? Tenth Scientific Meeting of the European Embryo Transfer Association, Lyon, France.
- Callesen, H., T. Greve und P. Hyttel** (1986). Preovulatory endocrinology and oocyte maturation in superovulated cattle. *Theriogenology* **25**: 71-86.

- Camp, H.** (1989). Untersuchungen über Einflussfaktoren auf den Embryotransfer beim Rind. Diss. med. vet.,Hannover
- Cavestany, D., A.B. El-Wishy und R.H. Foot** (1985). Effect of season and high environmental temperature on fertility in Holstein cattle. J. Dairy Sci. **68**: 1471-1478.
- Chupin, D., Y. Cognie, Y. Combarous, R. Procureur und J. Saumande** (1987). Effect of purified LH and FSH on ovulation in the cow and ewe **aus** Follicular growth and ovulation rate in farm animals. **Roche JF und D. O'Callaghan**. The Hague, The Netherlands, Martin Nijhoff: 66-72.
- Claus, R. und H. Karg** (1981). Fortpflanzung **aus** Rinderzucht. **H. Kräusslich**. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer. **6. Auflage**: 165-210.
- Coleman, D.A., R.A. Dailey, R.E. Leffel und R.D. Baker** (1987). Estrus synchronization and establishment of pregnancy in bovine embryo transfer recipients. J. Dairy Sci. **70**: 858-866.
- Coppock, C.E.** (1985). Energy nutrition and metabolism of the lactating cow. J. Dairy Sci. **68**: 3403-3412.
- Crister, J.K., M.P. Rowe, M.R. Del Campo und O.J. Ginther** (1980). Embryo tranfer in cattle. Factors affecting superovulatory response, number of transferable embryo and lenght of post-treatment oestrus cycle. Theriogenology **13**: 397-406.
- Darrow, M.D., G.M. Lindner und G. Goemann** (1982). Superovulation and fertility in lactating and dry dairy cows. Theriogenology **17**: 84.
- de Kruif, A., R. Mansfeld und M. Hoedemarker** (1998). Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- Detterer, J.** (1991). Untersuchungen über die Betreuung von Spendertieren im Rahmen von kommerziellen Embryotransferprogrammen in Ostfriesland. Diss. med. vet.,Giessen
- Dielmann, S.J., M.M. Bevers, Y.A. Wurth, J.T. Gielen und A.H. Willemse** (1989). Improve embryo yield and condition of donor ovaries in cows after PMSG superovulation with monoclonal anti-PMSG administreted shortly after pre-ovulatory LH peak. Theriogenology **31**: 473-487.

- Dochi, O., Y. Yamamoto, H. Saga, N. Yoshiba, N. Kano, J. Maeda, K. Miyata, A. Yamauchi, K. Tominaga, Y. Oda, T. Nakashima und S. Inohae** (1998). Direct transfer of bovine embryos frozen-thawed in the presence of Propylene Glycol or Ethylene Glycol under on-farm conditions in an embryo transfer program. *Theriogenology* **49**: 1051-1058.
- Donaldson, L.E.** (1984a). The day of oestrus cycle that FSH is started and superovulation in cattle. *Theriogenology* **22**: 97-99.
- Donaldson, L.E.** (1984b). The effect of age of the donor cow on embryo production. *Theriogenology* **21**: 936-967.
- Donaldson, L.E.** (1985). Matching of embryo stages and grades with recipient oestrus synchrony in bovine embryo transfers. *Veterinary Record* **117**: 489-491.
- Donaldson, L.E. und L.N. Ward** (1986). Effects of luteinizing hormone on embryo production in superovulated cows. *Veterinary Record* **119**: 625-626.
- Donaldson, L.E., L.N. Ward und S.D. Glenn** (1986). Use of porcine follicle stimulating hormone in superovulated cows. *Theriogenology* **25**: 747-757.
- Driancourt, M.A.** (1991). Follicular dynamics in sheep and cattle. *Theriogenology* **35**: 55-79.
- Drost, M., J.D. Ambrose, M.-J. Thatcher, C.K. Cantrell, K.E. Wolfsdorf, J.F. Hasler und W.W. Thatcher** (1999). Conception rates after artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows during summer in Florida. *Theriogenology* **52**: 1161-1167.
- Echternkamp, S.E., K.E. Gregory, G.E. Dickerson, L.V. Cundiff, R.M. Koch und v.V. L.D.** (1990). Twinning in cattle II: Genetic and environmental effects on ovulation rate in puberal heifers and postpartum cows and the effect of ovulation rate on embryonic survival. *J. Anim. Sci.* **68**: 1877-1888.
- Eicher, R.** (2004). Evaluation of the metabolic and nutritional situation in dairy herds: Diagnostic use of milk components. *Le méd vét du québec* **34**: 36-38.
- Estrada, J.L., L.A. Pachón, M. Olivera, J. Piedrahita und M. Westhusin** (1998). Superovulatory response of Colombian Creole cattle to two doses of FSH. *Theriogenology* **49**: 377.
- Foote, R.H. und J.E. Ellington** (1988). Is a superovulated oocyte normal? *Theriogenology* **29**: 111-123.

- Garcia-Winder, M., P.E. Lewis, R.W. Bryner, R.D. Baker, E.K. Inskip und R.L. Butcher** (1988). Effect of age and norgestomet on endocrine parameters and production of embryos in superovulated beef cows. *J. Anim. Sci.* **66**: 1974-1981.
- Gengler, N.** (1997). Estimation of covariance functions of test day yield in first and later lactations of United States Holstein cows. Interbull Meeting, Zürich.
- Gilmour, A.R., B.J. Gogle, B.R. Cullis, S.J. Welham und R. Thompson** (2002). ASReml User Guide Release 1.0. Hemel Hempstead, VSN International Ltd.
- Glatzel, P.S., T. Busse und A. Görlach** (1999). Superovulation und Embryonen-ausbeute in Embryotransferprogrammen bei Milchrindern. *Tierärztliche Praxis* **27**: 219-222.
- Gordon, I., M.P. Boland, H. Mc Govern und G. Lynn** (1987). Effect of season on superovulatory responses and embryo quality in Holstein cattle in Saudi Arabien. *Theriogenology* **27**: 231.
- Görlach, A.** (1997). Embryotransfer beim Rind. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- Goulding, D., D.H. Williams, J.F. Roche und M.P. Boland** (1991). Superovulation in heifers either pregnant mare's serum gonadotropin or follicle stimulating hormone during the mid luteal stage of the oestrus cycle. *Theriogenology* **36**: 949-958.
- Greve, T.** (1976). Egg transfer in the bovine: Effect of injecting PMSG on different days. *Theriogenology* **27**: 139-168.
- Greve, T., H. Callesen und P. Hyttel** (1984). Plasma progesterone profiles and embryo quality in dairy cows. *Theriogenology* **21**: 238.
- Groenefeld, E.** (1998). VCE 4.2.5 Users Guide. Neustadt, Federal Agricultural Research Centre (FAL).
- Grunert, E. und M. Berchtold** (1999). Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind. Berlin, Parey Buchverlag.
- Hahn, J.** (1988). Superovulation, Embryotransfer und Teilung von Embryonen. *Züchtungskunde* **60**: 174-184.
- Hanekamp, W.J.A.** (1999). Transfer of beef embryos in dairy cows: Influence of recipient and embryo quality on pregnancy rate and claving performance. *Reprod. in Dom. Anim.* **34**: 459-463.

- Hanselmann, D.** (1995). Woran es hakt, wenn die Ergebnisse nicht stimmen. Was beeinflusst den Erfolg bei der Superovulation? *Der Tierzüchter* **47**: 28-29.
- Hasler, J.F.** (1992). Current status and potential of embryo transfer and reproductive technology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* **75**: 2857-2879.
- Hasler, J.F.** (2001). Factors affecting frozen and fresh embryo transfer pregnancy rates in cattle. *Theriogenology* **56**: 1401-1415.
- Hasler, J.F., A.D. Mc Cauley, W.F. Lathrop und R.H. Foote** (1987). Effect of donor-embryo-recipient interactions on pregnancy rate in a large-scale bovine embryo transfer program. *Theriogenology* **27**: 139-168.
- Hasler, J.F., A. McCauley, E. Schermerhorn und R.F. Foote** (1983). Superovulatory response of Holstein cows. *Theriogenology* **19**: 83-99.
- Haupt, P.** (1979). Untersuchungen über die Abhängigkeit des Superovulationserfolges bei frisch laktierenden Kühen und ihrer Fruchtbarkeit nach der Eige-
winnung. Diss. med. vet.,Hannover
- Heringstad, B., R. Rekaya, D. Gianola, G. Klemetsdal und K.A. Weigel** (2003). Genetic change for clinical mastitis in Norwegian cattle. *J. Dairy Sci.* **86**: 367-375.
- Herrler, A., J.F. Beckers, J.V. Donnay und H. Niemann** (1988). Purified FSH supplemented with defined amounts of LH for superovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **29**: 260 (Abstract).
- Herrler, A., F. Elsaesser, N. Parvizi und H. Niemann** (1991). Superovulation of dairy cows with purified FSH supplemented with defined amounts of LH. *Theriogenology* **35**: 633-643.
- Hill, K.G., M.C. Looney, M.C. Schiewe und R.A. Godke** (1984). Effect of different lot numbers of follicle stimulating hormone (FSHp) on superovulation response of donor cattle. *Theriogenology* **21**: 241.
- Humphrey, W.D., B.D. Murphy, D. Rieger, R.J. Mapletoft, J. Manns und P.D. Fretz** (1979). Effects of FSH/LH ratio of PMSG on ovulatory responses. *Theriogenology* **11**: 101.
- Hupka, S.** (2000). Erfolgsbeeinflussende Faktoren im Rahmen der Embryonengewinnung beim kommerziellen ET des Rindes unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Superovulationsschemata und Besamungstypen. Diss. med. vet.,Hannover

- Jamrozik, J., J. Fatehi, G.J. Kistemaker und L.R. Schaeffer** (2005). Estimates of genetic parameters for Canadian Holstein female reproduction traits. *J. Dairy Sci.* **88**: 2199-2208.
- Janowitz, U.** (1991). ET beim Jungrind: Chancen und Risiken. *Der Tierzüchter* **45**: 14-15.
- Janowitz, U.** (1994). Untersuchungen zu Einflussfaktoren auf den Transfererfolg bei Empfängern im Rahmen des Embryotransfers beim Rind. Diss. med. vet., Giessen
- Jolly, P.D., S. Mc Dougall, L.A. Fitzpatrick, K.L. Macmillan und K. Entwistle** (1995). Physiological effects of under nutrition on postpartum anoestrus in cows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* **49**: 477-492.
- Kafi, M. und M.R. McGowan** (1997). Factors associated with variation in the superovulation of cattle. *Anim. Reprod. Sci.* **48**: 137,157.
- King, K.K., G.E.J. Seidel und R.P. Elsdon** (1985a). Bovine embryo transfer pregnancies. Part I. Abortion rates and characteristics of calves. *J. Anim. Sci.* **61**: 747-757.
- King, K.K., G.E.J. Seidel und E. R.P.** (1985b). Bovine embryo transfer pregnancies. Part II: Length of Gestation. *J. Anim. Sci.* **61**: 758-762.
- Kolb, E. und K. Elze** (1995). Durch Energiemangel beim Rind ausgelöste Fortpflanzungsstörungen. *Prakt. Tierarzt* **76**: 623-626.
- König, I. und P. Rommel** (1987). Embryotransfer beim Rind. Berlin, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- König, S.** (2002). Untersuchung zu einem kooperativen Zuchtprogramm der Rasse Holstein-Friesian. Diss. agr., Göttingen
- Krämer, G.** (1986). Zur Anwendung des Embryotransfers im VEG (Z) Köllitsch Tierzucht. *Tierzucht* **40**: 200-202.
- Kräußlich, H.** (1994). Tierzüchtungslehre. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- Kruip, T.A.M.** (1982). Macroscopic identification of tertiary follicles >2 mm in the ovaries of cycling cows **aus** Factors Influencing Fertility in the Postpartum Cow. **H. Karg und E. Schallenberger.** Den Haag, Martinus Nijhoff: 95-101.

- Lautner, M.** (1997). Embryonenausbeute beim Rind nach Aspiration der Flüssigkeit großer Follikel mit Hilfe einer Ovarpunktionskanüle vor der Superovulationseinleitung unter besonderer Berücksichtigung von Progesteron, Östradiol und IGF-1 Werten in den Punktaten. Diss. med. vet.,Hannover
- Lerner, S.P., W.V. Thayne, R.D. Baker, T. Henschen, S. Meredith, E.K. Inskip, R.A. Dailey, P.E. Lewis und R.L. Butcher** (1986). Age, dose of FSH and other factors affecting superovulation in Holstein cows. J. Anim. Sci. **63**: 176-183.
- Liboriussen, T., J. Makulska und H. Callesen** (1995). Genetic Responsivness of Dairy Cattle to Superovulatory Treatment. Animal Sci. **45**: 99-105.
- Lindner, G.M. und R.W. Wright Jr** (1983). Bovine embryo morphology and evaluation. Theriogenology **20**: 407-417.
- Lindsell, C.E., B.D. Murphy und R.J. Mapletoft** (1986). Superovulatory and endocrine Responses in Heifers treated with FSH-p at different Stages of the Oestrus Cycle. Theriogenology **26**: 209-219.
- Looney, C.R., A.J. Oden, J.M. Massey, C.A. Johnson und R.A. Godke** (1984). Pregnancy rates following HCG administration at the time of transfer in embryo-recipient cattle. Theriogenology **21**: 246.
- Lopes da Costa, L., J. Chages e Silva und R. Silva** (2001). Superovulatory response, embryo quality and fertility after treatment with different gonadotropins in native cattle. Theriogenology **56**: 65-77.
- Lucy, M.C., J.D. Savio, I. Badinga, R.L.D.L. Sota und W.W. Thatcher** (1992). Factors that affect ovarian follicle dynamics in cattle. J. Anim. Sci. **70**: 3615-3626.
- Maag, S.** (2002). Die Bedeutung der Embryonenqualität im Rahmen des Embryotransfers beim Rind - eine Literaturstudie. Diss. med. vet.,München
- Mannicaux, L., C. Ponsart, D. Grisouard und P. Humbolt** (2000). Sources of variation in embryo production following superovulation in the Montebeliarde Breed. Theriogenology **53**: 502.
- Massey, J.M. und A.J. Oden** (1984). No seasonal effect on embryo donor performance in the southwest region of the USA. Theriogenology **21**: 196-217.
- Matton, P., V. Adelakoun, Y. Couture und J.J. Duffour** (1981). Growth and replacement of bovine ovarian follicles during oestrus cycle. J. Anim. Sci. **52**: 813-818.

- Misra, A.K., M. Mutha Rao, R. Kasiraj, N.S. Ranga Reddy und H.C. Pant** (1999). Factors affecting pregnancy rate following nonsurgical embryo transfer in buffalo (*Bubalus bubalis*): a retrospective study. *Theriogenology* **52**: 1-10.
- Möhrle, E.** (1999). Untersuchungen zur Auswahl geeigneter Spenderkühe für den Embryotransfer im Rahmen der Fruchtbarkeitsbetreuung auf Herdenbasis. Diss. med. vet., München
- Monniaux, D., D. Chupin und J. Saumande** (1983). Superovulatory response of cattle. *Theriogenology* **19**: 55-64.
- Murphy, W.D., R.J. Mapletoft, J. Manns und W.D. Humphrey** (1984). Variability in gonadotrophin preparations as a factor in the superovulatory response. *Theriogenology* **21**: 117-125.
- Mutter, L.R., A.P. Garden und D. Olds** (1964). Successful non-surgical bovine embryo transfer. *Artif. Insem. Digest* **12**: 3.
- Newcomb, R.** (1980). Investigation of factors of superovulation and non-surgical embryo recovery from lactating british Friesian cows. *The Veterinary Record* **106**: 48-52.
- Newcomb, R. und L.E.A. Rowson** (1980). Investigation of physiological factors affecting non-surgical transfer. *Theriogenology* **1**: 41-49.
- Nicholas, F.W. und C. Smith** (1983). Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Anim. Prod. Sci.* **36**: 341-353.
- Niemann, H.** (1986). Möglichkeiten und Grenzen des Embryotransfers bei landwirtschaftlichen Nutztieren. *Tierärztliche Umschau* **41**: 625-633.
- Niemann, H. und B. Meinecke** (1993). Embryotransfer und assoziierte Biotechniken bei landwirtschaftlichen Nutztieren. Stuttgart, Verlag Encke.
- Niemann, H., B. Sacher, E. Schilling und D. Schmidt** (1982). Qualität und Überlebensraten von Rinderembryonen nach schnellem Tiefgefrieren und Auftauen. *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift* **95**: 415-419.
- O'Callaghan, D. und M.P. Boland** (1999). Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. *Anim. Sci.* **68**: 299-314.
- Pasman, E. und F. Reinhardt** (1998). Beschreibung der Zuchtwertschätzverfahren für Fruchtbarkeit und Abkalbemerkmale im VIT bei Schwarzbunt, Rotbunt und Rotvieh. *DGfZ Schriftenreihe* **11**: 82-88.

- Peixoto, M.G.C.D., C.S. Pereira, J.A.G. Bergmann, V.M. Penna und C.G. Fonseca** (2004). Genetic parameters of multiple ovulation traits in Nellore females. *Theriogenology* **62**: 1459-1464.
- Ponsart, C., A. Govignon, A. Rohou, L. Mannciaux, P. Delcroix, D. Grisouard und P. Humbolt** (2001). Effect of paternal origin of the donor cow on embryo production after superovulation in the prim Holstein and Montbeliarde breeds. *Theriogenology* **55**: 369.
- Preisinger, R.** (1991). Wer die Wahl hat, hat die Qual! Auswahl von Spenderkühen ist von der Umwelt und von tierspezifischen Faktoren abhängig. *Bayrisches landwirtschaftliches Wochenblatt* **181**: 26-28.
- Preisinger, R.** (1993). Optimierung der Superovulationsinduktion beim Rind und ihre Auswirkungen auf die Leistung der Donoren und ihrer Nachkommen. Habilitation, Kiel
- Preisinger, R., U. Wichmann, J. Hahn und E. Kalm** (1990). Superovulation: Kann man die Ergebnisse verbessern? *Der Tierzüchter* **42**: 534-535.
- Price, C.A., P.D. Carriere, N. Goselin, H. Kohram und L.A. Guilbault** (1999). Effects of superovulation on endogenous LH secretion in cattle and consequences for embryo production. *Theriogenology* **51**: 37-46.
- Putney, D.J., M. Drost und W.W. Thatcher** (1988a). Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperature between days 1 to 7 post insemination. *Theriogenology* **30**: 195-209.
- Putney, D.J., W.W. Thatcher, M. Drost, J.M. Wright und M.A. Delorenzo** (1988b). Influence of environmental temperature on reproductive performance of bovine embryo donors and recipients in the southwest region of the United States. *Theriogenology* **30**: 905-922.
- Rabiee, A.R., I.J. Lean, J.M. Gooden, B.J. Miller und R.J. Scaramuzzi** (1997). An evaluation of transovarian uptake of metabolites using arterio-venous difference methods in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* **48**: 9-25.
- Richter, J. und R. Götze** (1993). Tiergeburtshilfe. Berlin und Hamburg, Paul Parey.
- Rivera, R.M. und P.J. Hansen** (2001). Development of cultured bovine embryos after exposure to high temperatures in the physiological range. *Reproduction* **121**: 107-115.
- Roche, J.F. und M.P. Boland** (1991). Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* **35**: 81-90.

- Romanowski, W. und R. Roselius** (1980). Auswahl von Hochleistungskühen als Spendertiere für die Ei-Übertragung. *Tierzüchter* **32**: 464-466.
- Roman-Ponce, H., W.W. Thatcher, D. Canton, D.H. Barron und C.J. Wilcox** (1978). Thermal stress effects on uterine blood flow in dairy cows. *J. Anim. Sci.* **46**: 175-180.
- Rowson, L.E.A.** (1971). Egg transfer in domestic animals. *Nature* **233**: 379-281.
- Sakaguchi, M., Y. Sasamoto, T. Suzuki, Y. Takahashi und Y. Yamada** (2004). Postpartum Ovarian Follicular Dynamics and Estrous Activity in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* **87**: 2114-2121.
- Saumande, J., R. Procureur und D. Chupin** (1984). Effect of injection time of AntiPMSG-antiserum on ovulation rate and quality of embryos in superovulated cows. *Theriogenology* **21**: 727-731.
- Savio, J.D., M.P. Boland, N. Hynes und J.F. Roche** (1990). Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* **88**: 569-579.
- Savio, J.D., H. Bongers, M. Drost, M.C. Lucy und W.W. Thatcher** (1991). Follicular dynamics and superovulatory response in Holstein cows treated with FSHp in different endocrine states. *Theriogenology* **35**: 915-929.
- Schams, S., C.H. Menzer, E. Schallenberger, B. Hoffmann, J. Hahn und R. Hahn** (1978). Some studies on pregnant mare serum gonadotrophins (PMSG) and on endocrine responses after application for superovulation in cattle **aus** Control of reproduction in the cow. **J. M. Sreenan**. The Hauge, The Netherlands, Martin Nijhoff: 122-143.
- Schellander, K.** (2005). Gewinnung und Übertragung von Embryonen ("Embryo-transfer") **aus** Tier-Biotechnologie. **H. Geldermann**. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer: 350-359.
- Schilling, E.** (1982). Ergebnisse von Superovulationsbehandlungen, Variabilität und deren Ursachen. *Dtsch. tierärztl. Wochenschrift* **89**: 88-92.
- Schopper, D., W. Elger, U. Fechner, E. Schallenberger und R. Schemer** (1991). Einfluss einer negativen Energiebilanz auf die peripheren Gonadotropin-Konzentrationen im Periöstrus bei der Kuh. *Reprod. in Dom. Anim.* **26**: 186 (Abstr.).
- Schwab, J.** (2000). Der Einsatz von Ultraschall zur Untersuchung von Spenderkühen im Embryotransfer. Diss. med. vet., München

- Siddiqui, M.A.R., M. Shamsuddin, M.M.U. Bhuiyan, M.A. Akbar und K.M. Kamaruddin** (2002). Effect of Feeding and Body Condition Score on Multiple Ovulation and Embryo Production in Zebu Cows. *Reprod. in Dom. Anim.* **37**: 37-41.
- Sokal, R.R. und F.J. Rohlf** (1981). *Biometry*. San Francisco, W.H. Freeman and Co.
- Spell, A.R., W.E. Beal, L.R. Corah und G.C. Lamb** (2001). Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology* **56**: 287-297.
- Springmann, K., W. Holtz und K. Zerobin** (1986). Hormonal imbalances after superovulation of beef heifers with PMSG. *Theriogenology* **25**: 201.
- Stringfellow, D.A. und S.M. Seidel** (1998). *Manual of the International Embryo Transfer Society*. Savoy, IL, International Embryo Transfer Society.
- Thibier, M.** (2004). Stabilization of numbers of in vivo collected embryos in cattle but significant increases of in vitro bovine produced embryos in some parts of the world. http://www.iets.org/pdf/data_retrieval/december2004.pdf
- Tonhati, H., R.B. Lôbo und H.N. Oliveira** (1999). Repeatability and Heritability of response to superovulation in holstein cows. *Theriogenology* **51**: 1151-1156.
- Wichmann, U.** (1990). Erhebungen über umweltbedingte und genetische Einflüsse auf die Eignung von Spenderkühen im Rahmen des Embryotransfers. Diss. med. vet., Hannover
- Willet, E.L., W.G. Black und L.E. Casida** (1951). Successful transplantation of a fertilized bovine ova. *Science* **113**: 247.
- Wolfenson, D., B.J. Lew, W.W. Thatcher, Y. Graber und R. Meidan** (1997). Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cow. *Anim. Reprod. Sci.* **47**: 9-19.
- Wooliams, J.A.** (1989). Modifications to MOET nucleus breeding schemes to improve rates of genetic progress and decrease rates of inbreeding in dairy cattle. *Anim. Production* **49**: 1-14.
- Wright, J.M.** (1981). Non-surgical embryo transfer in cattle: Embryo-recipient interaction. *Theriogenology* **15**: 43-56.

Yaakub, H., D. O'Callaghan und M.P. Boland (1999). Effect of type and quality of concentrates on superovulation and embryo yield in beef heifers. *Theriogenology* **51**: 1259-1266.

Erklärung von Frank Bosselmann,

geboren
am 17.02.1977
in Darmstadt

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Datum: _____

Unterschrift: _____

Danksagung

Herrn Prof. Dr. G. Erhard möchte ich an dieser Stelle für die Übernahme des Referates und die zügige Korrektur meiner Dissertation danken. Daneben danke ich Herrn Prof. Dr. H. Simianer für die Überlassung des Themas und die sehr gute und stets freundliche Betreuung. Ebenso danke ich herzlich Herrn Dr. S. König für die enge, effiziente und freundschaftliche Zusammenarbeit.

Insbesondere möchte ich mich bei den folgenden Zuchtorganisationen für die Bereitstellung der Embryotransferdaten und die finanzielle Unterstützung ganz herzlich bedanken:

„Osnabrücker Herdbuch e.G.“, „Weser-Ems-Union e.G.“, „Verein ostfriesischer Stammviehzüchter e.G.“, „Zucht- und Besamungsunion Hessen e.G.“.

Ohne sie wäre dieses Projekt nicht realisierbar gewesen.

In diesem Zusammenhang gilt mein Dank Frau Dr. G. Kniep sowie ihren Kollegen Herrn F. Bergmann und Herrn N. Wiemann (wir haben noch eine Feuerzangenbowle offen), Herrn Dr. J. Detterer, Herrn Dr. H. Melbaum und Herrn M. Gehring (dessen Embryotransferdaten ich stellvertretend für die „Zucht- und Besamungsunion Hessen e.G.“ auswerten durfte) für die Heranführung an den Embryotransfer, die wissenschaftlichen Gespräche und die vielen Tipps aus der Praxis.

Weiterhin danke ich den „Vereinigten Informationssystemen Tierhaltung w.V.“ für die entgeltliche Bereitstellung der Abstammungs-, Kalbe- und Milchleistungsdaten.

Ich danke den Teilhabern und dem gesamten Team der tierärztlichen Gemeinschaftspraxis „LandVET GbR“ für die lehrreiche, intensive und stets kurzweilige Anfangsassistentenzeit sowie das Vertrauen, das mir darüber hinaus bei den Vertretungen entgegen gebracht wurde.

Special thanks to Gordon Krebs and Andy Mencarelli and families for the great experiences I was allowed to have during my first veterinarian internship in Alberta, Canada. It was a very exciting time that I still often love to remember.

Tobias Höppner, Peter Liste und Hendrik Lohrum danke ich für den seit der Schulzeit und bis heute währenden engen und zutiefst freundschaftlichen Kontakt. Ebenso

danke ich Hubertus Streyl für die gemeinsame Zeit an der „Kuhischdecke“ und Jens Baltissen für die über die Studienzeit hinausgehende gute Freundschaft.

Vor allem aber danke ich von ganzem Herzen meinen Eltern für ihre stetige Unterstützung, ihr Vertrauen und ihre motivierenden Worte zur rechten Zeit. Bei ihnen erfuhr ich stets den familiären Rückhalt und die Sicherheit, die ich zum Erreichen meiner Ziele brauchte.

Frank Bosselmann

E-Mail: frank.bosselmann@gmx.net

Ausbildung

Oktober	2003	bis
Dezember	2006	Promotion
April	2003	Approbationsurkunde erhalten
Februar	2003	Ende des dritten Abschnitts der tierärztlichen Prüfung
Sommer	2001	Zweiter Abschnitt der tierärztlichen Prüfung
Sommer	2000	Erster Teil der tierärztlichen Prüfung
Sommer	1999	Physikum
Oktober	1997	Beginn des Veterinärstudiums an der „Justus-Liebig-Universität“ in Giessen
Juni	1996	Abitur an der „Landrat-Gruber-Schule“ in Dieburg. Meine Hauptfächer waren Biologie und Ernährungswissenschaften.

praktische Erfahrungen

Februar	2006	Anstellung beim Sächsischen Rinderzuchtverband
April – Juni	2003	Vertretungsdienste als praktischer Tierarzt.
August – September		Siebenwöchiges Praktikum an der Universität Zürich.
	2002	Während dieser Zeit habe ich in den Rinder und Pferdekliniken mitgearbeitet.
April	2000	bis
März	2001	Famulatur in der Klinik für Wiederkäuer an der „Justus-Liebig-Universität“ in Giessen. In dieser Zeit habe ich regelmäßig (auch an Nacht- und Wochenenddiensten) in der Klinik mitgearbeitet.
Februar – März		Praktikum bei „Kreb`s & Co Veterinary Services“ in Didsbury,
	2000	Alberta, Kanada.
Juni -	1996	bis
Juli	1997	Zivildienst

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D - 3 5 3 9 6 G I E S S E N

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN 3-8359-5127-0



9 783835 195127 3

